

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní



**VLIV TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ VÝROBY NA
CHLUPATOST PŘÍZE**

**INFLUENCE TECHNOLOGICAL PARAMETER PRODUCTION
ON HAIRINESS YARN**

LIBEREC 2007

EVA PRINCOVÁ

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím své diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 8. ledna 2007

.....

Podpis

Na tomto místě bych chtěla poděkovat Ing. Gabriele Krupincové a pracovnícím laboratoře za vydatnou pomoc, kterou mi poskytly. Také bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu během studia a zejména v jeho závěru.

Abstrakt

Chlupatost přízí je jedním z parametrů přízí, ovlivňujících jejich užité a zpracovatelské vlastnosti. Hustá chlupatost, způsobená konci vláken krátce odstávajícími od jádra příze, vytváří příjemný omak a ovlivňuje izolační vlastnosti textilie. Řídká chlupatost, zasahující do větší vzdálenosti od jádra příze naopak způsobuje řadu těžkostí při dalším zpracování příze. Diplomová práce se zabývá vlivem jemnosti a povrchu rotorů rotorových dopřádacích strojů na chlupatost příze a vyhodnocuje ji pomocí dvojnásobného exponenciálního modelu chlupatosti.

Klíčová slova

Chlupatost, příze, rotor, rotorové dopřádání, bavlna, jemnost

Abstract

The yarn hairiness is one of properties of yarns, which affects their use and manufacturing qualities. The dense hairiness, caused by short-protruding fibres, creates comfortable touch and affects the insulating properties of textile. The loose hairiness, extending to the longer distance from yarn core, again causes series of troubles in the next processing. The aim of this diploma thesis is to specify a influence of the yarn fineness and of the surface of rotors of open-end spinning machines to the yarn hairiness. The double exponential model is used to evaluate the yarn hairiness.

Keywords

Hairiness, yarn, rotor, open-end spinning, cotton, fineness

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
Úvod.....	11
1 Výroba rotorové příže	12
1.1 Příprava materiálu k předení	12
1.2 Mykání	14
1.3 Posukování	16
1.4 Rotorové dopřádání.....	16
1.5 Parametry ovlivňující chlupatost.....	19
2 Chlupatost	20
2.1 Definice chlupatosti příže	20
2.2 Oblasti příže	20
2.3 Jednoduchý exponenciální model zaplnění a chlupatosti	22
2.3.1 Průhlednost.....	23
2.4 Vícenásobný exponenciální model zaplnění a chlupatosti.....	23
3 Měření chlupatosti.....	25
3.1 Měření chlupatosti pomocí obrazové analýzy	25
3.1.1 Metoda měření průhlednosti příže systémem obrazové analýzy Lucia	26
3.1.1.1 Měření průměru příže.....	27
3.1.2 První metoda zpracování obrazu	27
3.1.2.1 Druhá metoda zpracování obrazu.....	31
3.1.3 Proměřená délka příže.....	31
3.2 Měření chlupatosti na zařízení Uster Tester 4.....	32
3.2.1 Proměřená délka příže.....	32
4 Zpracování naměřených hodnot.....	33
4.1 Popis vzorků.....	33
4.2 Naměřené a vypočtené hodnoty	34
4.2.1 Jemnost příže.....	34
4.2.2 První metoda zpracování obrazu z obrazové analýzy	35
4.2.3 Druhá metoda zpracování obrazu z obrazové analýzy	36
4.2.4 Zpracování dat z přístroje Uster Tester 4	37
4.2.5 Porovnání dat metodou dvou výběrů	37
4.3 Porovnání charakteristik chlupatosti	39
Závěr	48
Literatura.....	50

Seznam použitých zkratk a symbolů

Rotorové dopřádání

a_m	součinitel zákrutu [$\text{ktex}^{2/3}\text{m}^{-1}$]
n_3	otáčky rotoru [1/min]
T	jemnost příze [tex]
v_4	odtahová rychlost příze [m/min]
Z	strojový zákrut rotorového spřádacího systému [1/m]
Z	zákrutová hustota bezvřetenové příze [1/m]

Chlupatost příze

C_1	charakteristika významnosti („váhy“) husté chlupatosti [mm]
C_2	charakteristika významnosti („váhy“) řídké chlupatosti [mm]
d^*	ekvivalentní průměr šikmého vlákna [mm]
d	průměr vlákna [mm]
D	průměr příze [mm]
D_{cover}	krycí průměr, dvojnásobek vzdálenosti od osy příze, kde je zčernání 50% [mm]
D_{dens}	hustotní průměr, dvojnásobek vzdálenosti od osy příze, kde je $\mu = 0,11$ [mm]
h	interval polovičního úbytku vláken [mm]
h_1	interval polovičního úbytku vláken husté chlupatosti [mm]
h_2	interval polovičního úbytku vláken řídké chlupatosti [mm]
$I_{C\ cover}$	celková integrální charakteristika chlupatosti od krycího průměru [mm]
$I_{1\ cover}$	integrální krycí charakteristika pro hustou chlupatost [mm]
$I_{2\ cover}$	integrální krycí charakteristika pro řídkou chlupatost [mm]
$I_{C\ dens}$	celková integrální charakteristika chlupatosti od hustotního průměru [mm]
$I_{1\ dens}$	integrální hustotní charakteristika pro hustou chlupatost [mm]
$I_{2\ dens}$	integrální hustotní charakteristika pro řídkou chlupatost [mm]
l	délka příze [km]
l_{mas}	maximální délka staplových vláken [mm]
m	hmotnost příze [g]
m	počet vláken procházejících poloměrem r [-]
μ	zaplnění příze [-]
N	počet typů chlupatosti [-]
P	průhlednost příze, určuje podíl paprsků, které projdou ve vzdálenosti x [-]

P_i	dílčí průhlednost, má význam pravděpodobnosti, že světelný paprsek projde mezi vlákny i-tého typu chlupatosti [-]
P	souhrnná plocha řezných plošek vláken v průřezu příze [mm ²]
P_C	celková plocha průřezu příze [mm ²]
r_1	libovolný poloměr příze v oblasti chlupatosti [mm]
r_2	libovolný poloměr příze v oblasti chlupatosti [mm]
r_d	poloměr příze určující hranici chlupatosti [mm]
r_{mas}	největší poloměr, na kterém se může vyskytovat vlákenný materiál [mm]
ρ	měrná hmotnost vlákenného materiálu [kg/m ³]
T	jemnost příze [tex]
Z	zčernání, doplňková hodnota k průhlednosti [-]
Z_1	složka zčernání pro hustou chlupatost [-]
Z_2	složka zčernání pro řídkou chlupatost [-]

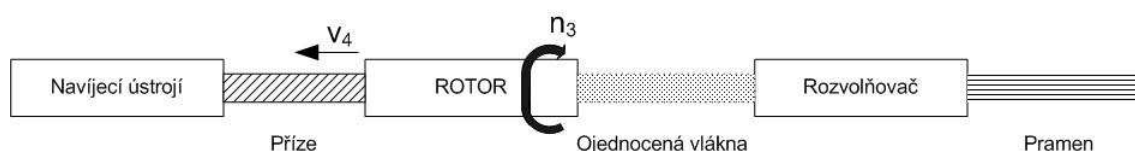
Úvod

Cílem práce je změřit chlupatosti vybraných rotorových bavlněných přízí, vyhodnotit měření a určit závislost chlupatosti na jemnosti příze a materiálu povlaku rotoru. V úvodní části práce je stručný úvod do problematiky rotorového předení, definuje se pojem chlupatost a jsou představeny metody jejího měření. Součástí teoretické části jsou také základní předpoklady jednoduchého a vícenásobného modelu chlupatosti, vyvinutého na katedře textilních technologií Technické univerzity.

Vlastní měření chlupatosti bylo provedeno na vzorcích bavlněných přízí čtyř jemností a čtyř povrchů rotorů. Vzorky dodal výrobce rotorových dopřádacích strojů, společnost Saurer Czech a. s. Chlupatost a další číselné charakteristiky příze byly určeny pomocí systému pro snímání a analýzu obrazu v laboratoři katedry textilních technologií s využitím vícenásobného modelu chlupatosti. K výpočtu parametrů modelu byly užity dvě metody, první vedoucí myšlený řez v sejmutém obrazu a druhá, využívající celou sejmutou plochu obrazu příze. Pro srovnání byl na všech vzorcích změřen index chlupatosti přístrojem Uster-Tester 4. Poslední část textu ukazuje a interpretuje naměřené hodnoty v řadě tabulek a grafů, porovnává výsledky a zamýšlí se nad příčinami nalezených souvislostí.

1 Výroba rotorové příze

Způsob výroby rotorové příze spadá do kategorie nekonvenčních způsobů dopřádání – dopřádání s otevřeným koncem (OE-předení). Mezi podávacím a krutným ústrojím jsou přerušeny mezivláknenné kontakty. Při zakrucování nerotuje celý návin, ale pouze volný konec příze. Zjednodušené schéma OE dopřádání je na obrázku 1.



Obr. 1: Schéma OE dopřádání

v_4 – odtahová rychlost příze

n_3 – otáčky rotoru

Využívá se zkrácené technologie výroby příze:

- příprava materiálu k předení – rozvolňování, míchání, čištění
- mykání
- 2 pasáže posukování
- rotorové dopřádání

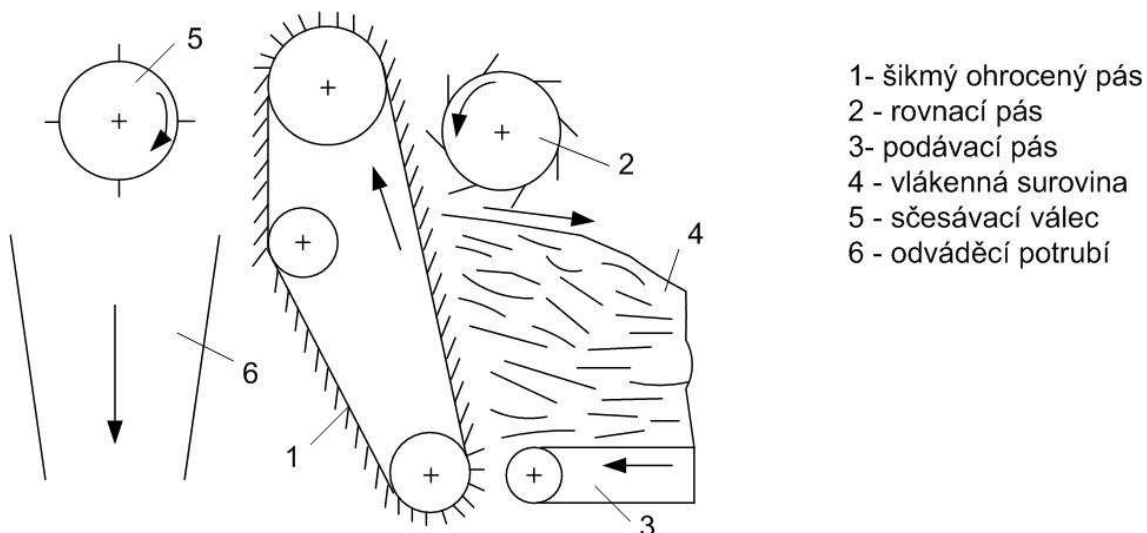
1.1 Příprava materiálu k předení

Rozvolňování, čištění a míchání vláknenného materiálu patří mezi operace, které mají velký vliv na vlastnosti výsledné příze. Úkolem přípravných prací je docílit rozvolnění vláknenné suroviny, co největšího vyčištění materiálu a rovnoměrného promíchání vláknenné suroviny.

Při rozvolňování jde o postupné zpracování silně slisované bavlny rozdělením na menší vločky pomocí soustavy pracovních hrotů. Rozvolňování probíhá na automatických rozvolňovacích strojích nebo na čechracích strojích ve volném nebo v sevřeném stavu. Čechrání v sevřeném stavu je sice intenzivnější, ale poškozuje vláknenný materiál. Proto by mělo čechrání ve volném stavu předcházet čechrání ve stavu sevřeném.

Čechrací stroje se dělí podle principu čechrání na stroje:

- s čechráním ve volném stavu – stupňovité čechradlo
 - stroj se šikmým ohroceným pásem (obr. 2)
- s čechráním v sevřeném stavu – bubnové horizontální čechradlo
 - potěrací stroj



Obr. 2: Rozvolňovací stroj se šikmým ohroceným pásem, převzato z [9]

Čištění vlákenného materiálu probíhá současně při rozvolňování. Čistící souprava je tvořena čistícími a rozvolňovacími stroji a zařízeními pro dopravu a dodávku vlákenného materiálu. Na začátku čistící soupravy jsou používány čechrací systémy pracující na principu čechrání ve volném stavu, aby se odstranily těžké nečistoty. K jejich vylučování dochází odstředivou silou. Zbývající nečistoty a nezralá nebo krátká vlákna se odstraňují při čechrání v sevřeném stavu. Při výrobě rotorových přízí vzniká navíc potřeba odstraňování tzv. mikroprachu, který se usazuje ve sběrné drážce rotoru a je příčinou snížené kvality příze a zvýšené přetřhavosti. Čistící souprava pro rotorové příze, popsaná v [5] se skládá ze dvou skupin OE-čističů. První skupina obsahuje kondenzor se zvětšenou sací účinností, plnicí šachtu, stupňovitou čističku se zvětšeným prostorem pro odloučený prach a se 102 hrubými roštnicemi a následně horizontální čechradlo. Druhá skupina se skládá z kondenzoru, stupňovité čističky s prostorem pro prach a s 205 jemnějšími roštnicemi, jemného rozvolňovacího stroje a odlučovače prachu, kde dochází k odsávacímu působení za sebou řazených síťových bubnů.

Cílem procesu míchání je získat vlákenný materiál s důkladně promíchanými komponentami tak, aby bylo možné vyrábět přízi stabilních vlastností. Co nejkvalitnější pro-

vedení tohoto procesu vytváří předpoklady pro výrobu kvalitní příze. Existují rozdíly ve vláknech uvnitř jednoho balíku i mezi balíky, zejména v délce, jemnosti i zralosti vláken. Největší rozdíly jsou u vzorků z balíků pocházejících z různých pěstitelských oblastí. V zájmu zrovnoměnění by bylo potřeba provádět míchání z co největšího počtu balíků. Tato možnost je limitována, avšak počet balíků pro jednu partii by neměl být nižší než 30. Pro důkladné promíchání vlákenného materiálu ve vložce se používá kontinuálně pracujících míchacích strojů. [5]

Provedení míchacích strojů lze rozčlenit dle způsobu plnění a odebírání na stroje:

- s vodorovným ukládáním vrstev a svislým odebíráním,
- se svislým ukládáním vrstev a vodorovným odebíráním,
- se svislým ukládáním a svislým odebíráním.

Procesy rozvolňování, čechrání, čištění a mísení probíhají na tzv. čistírenských linkách na různých typech strojů řazených za sebou dle potřeby vlákenného materiálu. Vlákenný materiál je mezi jednotlivými stroji dopravován převážně pneumaticky.

Výsledným produktem bavlnářské čistírny je stůčka rouna.

1.2 Mykání

Účelem mykání je vyrobit z předkládaného vlákenného materiálu co nejstejnější pavučinu, resp. pramen. Pro bavlnářské vlákenné materiály se používají víčkové mykací stroje, kde hlavními pracovními orgány jsou podávací ústrojí, rozvolňovací válec s noží a roštem, hlavní buben, víčka, snímač, snímací ústrojí, kalandrovací válečky, svinovací a ukládací ústrojí. Dodávka do mykacího stroje může být zajištěna systémem vložkové nebo stůčkové dodávky.

Mykací stroj zajišťuje následující funkce:

- rozvlákňování vlákenných vložek,
- urovnání vláken do podélného směru,
- vylučování nečistot a krátkých vláken,
- tvorba pramene,
- vyrovnaní hmotné nestejnosti na krátkých úsečkách a přídatné promíchání vlákenného materiálu. [5]

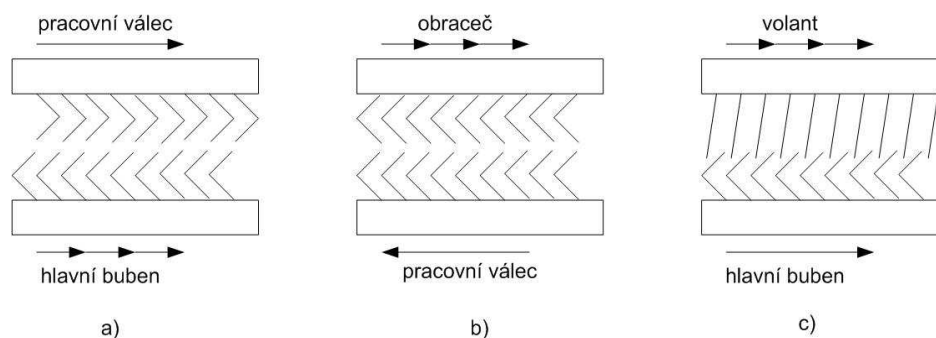
Všechny pracovní orgány mykacího stroje jsou opatřeny speciálními pracovními potahy, které umožňují vlastní mykací proces.

Povlaky mykacích strojů mohou být:

- elastické (drátkové),
- polotuhé,
- tuhé celokovové (pilkové).

Vzájemné působení mykacích povlaků může mít tři pracovní polohy (obr. 3):

- na mykání (např. hlavní buben – víčka, hlavní buben – pracovní válec),
- na snímání (např. hlavní buben – obraceč, pracovní válec – obraceč),
- na povyčesávání (hlavní buben – volant). [9]



Obr. 3: Mykací povlaky, převzato z [9]

a – poloha na mykání, b – poloha na snímání, c – poloha na povyčesávání

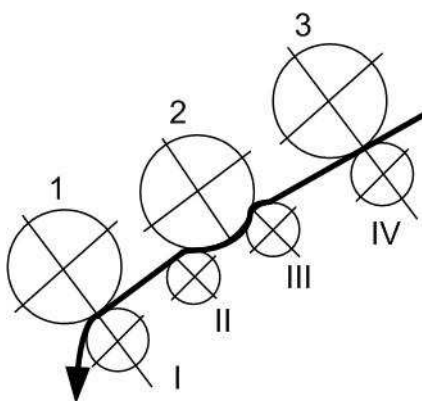
Základní zónou mykání je společná oblast povlaku hlavního bubnu a víček. V této zóně nastává konečné ojednocování vláken a odstranění nečistot. Vylučování nečistot a krátkých vláken se děje tím, že krátká vlákna přecházejí na víčka a dále se odstraňují při čištění víček. Část nečistot vniká do povlaku bubnu a vypadává účinkem odstředivé síly přes rošt. Spolu s nečistotami dochází k vylučování krátkých vláken, zejména působením víček. Tuto tendenci podporuje rostoucí frekvence otáčení hlavního bubnu, kdy v důsledku zvýšené odstředivé síly dochází k zachytávání vláken na víčkách a zároveň je odstraněno i více odpadu.

Převážná část nečistot je oddělován a v oblasti rozvolňovacího válce. Nopky a krátká vlákna se odstraňují víčky. Důležitou roli má mykací stroj z hlediska vylučování prachu. Zařízení, které intenzifikuje vylučování mikroprachu a krátkých vláken, je Trash-master. [5]

1.3 Posukování

Při posukování dochází k současnému protahování a družení předkládaných vlákných pramenů. Družením a protahováním se zlepšuje stejnoměrnost, struktura, orientace a napřimování vláken v pramenech a dochází k jejich ztenčení.

Hlavní součástí bavlnářského posukovacího stroje je průtahové ústrojí. Pro bavlněné příze se používá válečkové průtahové ústrojí (příklad na obr. 4). Důležitou zásadou je použití pouze napínacího průtahu ve středním průtahovém poli. Pokud se celkový průtah rozdělí na předprůtah (v prvním poli ve směru postupu vlákného materiálu) a hlavní průtah (ve třetím poli) a ve druhém poli se použije napínací průtah, tak spolu se zvýšeným přitlakem bude na výstupu kvalitnější pramen z hlediska hmotné nestejnoměrnosti, a to i při použití poměrně vysokých odváděcích rychlostí. [5]



Obr. 4: Průtahové ústrojí 3/4 – tři válečky horní, čtyři válečky spodní, převzato z [9]

Protažený pramen je umístěn do konve.

1.4 Rotorové dopřádání

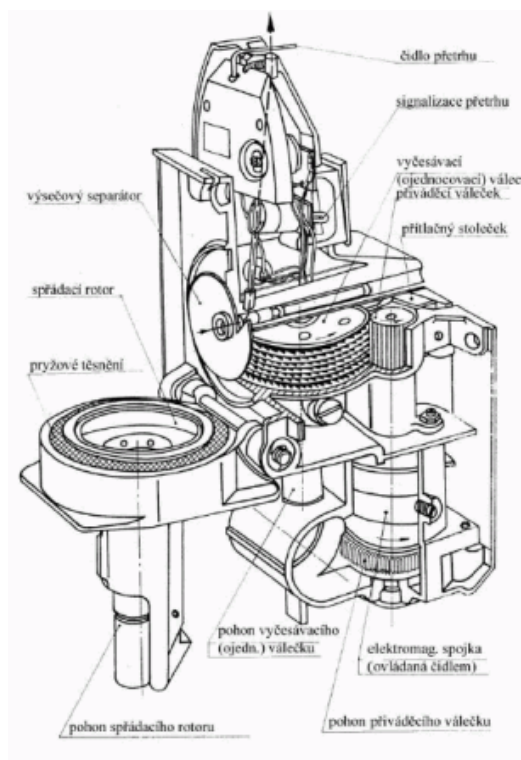
Základním znakem rotorového dopřádání je umístění předlohy (pramene) ve spodní části stroje. Pramen je umístěn v konvi, odkud je veden směrem vzhůru a výsledná příze je navíjena na válcovou cívku s křížovým vinutím v horní části stroje.

Hlavní části stroje:

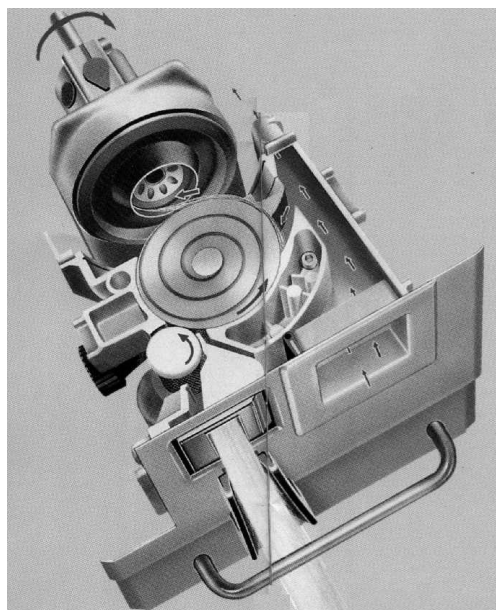
- spřádací jednotka – podávací ústrojí
 - ojednocovací ústrojí (vyčesávací váleček)
 - zákrutové ústrojí (rotor)

- odtah příze – odtahové a přitlačné válečky
- navíjení příze – navíjecí válec a rozvaděče příze

Stroj má zpravidla 5 sekcí po 40 spřádacích jednotkách. Příklad spřádací jednotky je na obrázku 5 a 6.



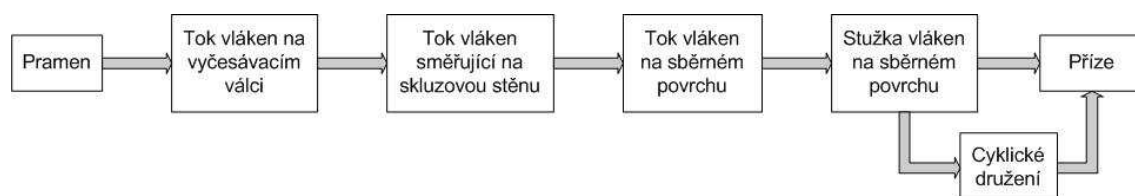
Obr. 5: Řez spřádací jednotkou – rotorový dopřádací stroj BD200, převzato z [12]



Obr. 6: Část spřádací jednotky, převzato z [15]

Po vstupu do spřádací jednotky jsou vlákna rozvolněna a ojednocena pomocí vyčesávacího válečku. Ojednocená vlákna, nebo jejich skupiny, jsou dopravována vyčesávacím válečkem do vzduchového kanálu, kde jsou z povlaku válečku snímána pomocí odstředivých sil a proudem vzduchu. Vlákna jsou proudem vzduchu unášena ke skluzové stěně rotoru, po níž vlákna kloužou a dopadají na jeho sběrný povrch. Díky cyklickému družení vláken vzniká na sběrném povrchu rotoru vlákněná stužka, která je pak zakrucována. Příze se vytváří navíjením vláken na volný konec příze a příkrucováním ostatních vláken. Při zapřádání je volný konec zapřádací příze nasán do rotoru, kde se k němu vlivem krutného účinku rotoru přikrouťí vlákněná stužka. [12]

Průchod vláken spřádací jednotkou je znázorněn na obrázku 7.



Obr. 7: Blokové schéma výroby příze OE systémem

Počet zákrutů udělených spřádací jednotkou lze dle [6] určit dvěma způsoby:

$$Z = \frac{n_3}{v_4} \quad (1)$$

$$Z = a_m \frac{100}{\sqrt[3]{T^2}} \quad (2)$$

Z – strojový zákrut rotorového spřádacího systému (1)

– zákrutová hustota bezvřetenové příze (2) [1/m]

v_4 – odtahová rychlost příze [m/min]

n_3 – otáčky rotoru [1/min]

a_m – součinitel zákrutu [$\text{ktex}^{2/3} \text{m}^{-1}$]

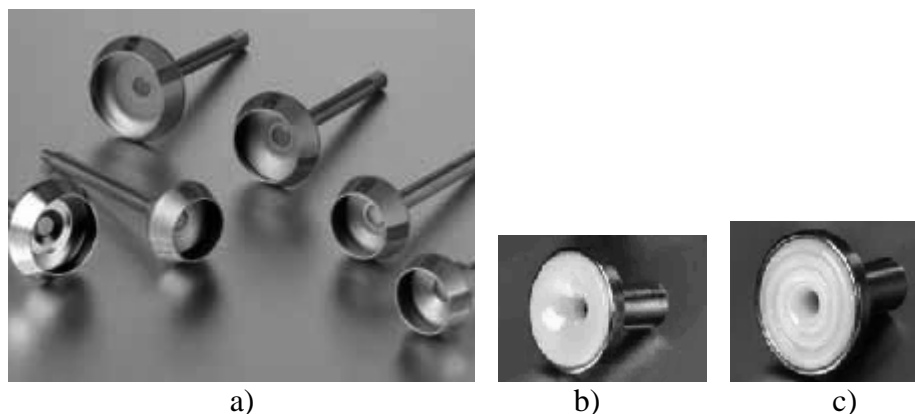
T – jemnost příze [tex]

1.5 Parametry ovlivňující chlupatost

Chlupatost přízí může být ovlivněná různými parametry. Mají na ni vliv:

- typ vláken – jemnost, průměr, délka, tvarový faktor, ohybová tuhost, torzní tuhost, soudržnost, tažnost, tření,
- zákrut příze, mísicí poměr vláken v přízi,
- technologie výroby [7]
 - česání – pokud je přítomno, má malý vliv,
 - rychlost podávání – větší otáčky ojednocovače snižují chlupatost,
 - geometrie rotoru – chlupatost je zvyšována třením mezi přízí a rotorem,
 - průměr rotoru – chlupatost roste s průměrem, ale někdy to může být naopak,
 - otáčky rotoru – s otáčkami roste délka chlupů,
 - čištění rotoru – zanesení drážky rotoru zvyšuje chlupatost,
 - ale časté čištění rotoru chlupatost snižuje jen málo,
 - zákrut – s počtem zákrutů je chlupatost nižší,
 - výsečový separátor – chlupatost závisí na povrchu (vroubkovaný ji zvyšuje),
- podmínky měření – teplota, vlhkost, rychlost při pokusu.

Na obrázku 8 jsou uvedeny příklady důležitých součástí ovlivňujících chlupatost. Různé druhy rotorů (obr. 8a) a výsečový separátor s hladkým (obr. 8b) a vroubkovaným povrchem (obr. 8c).



Obr. 8: Součásti spřádací jednotky, převzato z [14]

2 Chlupatost

2.1 Definice chlupatosti příze

Chlupatost je charakterizována množstvím z příze vystupujících nebo volně pohyblivých konců vláken nebo vlákenných smyček. Kritériem pro posuzování je počet odstávajících vláken, jako délkových jednotek nebo plošných jednotek ve směru kolmém k přízi, nebo plošně naměřeného odstupu konců vláken [1].

2.2 Oblasti příze

Kolem osy příze je vlákenný materiál silně stlačen, vlákna k sobě přiléhají a v mnoha místech se vzájemně dotýkají. Intenzivně se dotýkající vlákna v této vnitřní oblasti vytvářejí přízi se všemi jejími základními vlastnostmi.

S rostoucím poloměrem klesá zaplnění příze nejprve rychle, a poté klesá na velkých poloměrech stále pomaleji do prostoru, kde se jen občas vyskytne osamocený konec vlákna. Tato vnější oblast je oblastí chlupatosti příze. Oblast chlupatosti začíná na poloměru

$$r_d = D/2 \quad (3)$$

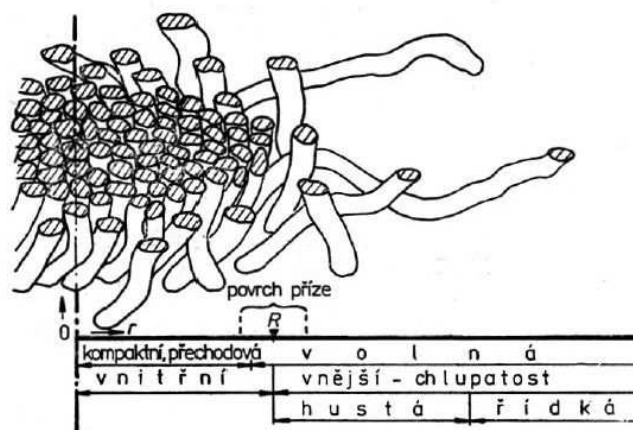
r_d je poloměr příze a jeho dvojnásobek D je průměr příze. Největší poloměr r_{max} , na kterém se ještě může vyskytovat vlákenný materiál je dán součtem poloměru příze r_d a maximální délky staplových vláken příze l_{max} . [2]

Pro průměr D neexistuje jednotná a jednoznačná definice. Je to pojem teoretický, který vychází z průměru nejmenšího myšleného válce, v němž je soustředěna buď veškerá hmota příze nebo alespoň její podstatná část. Průměr příze leží někde v intervalu, kde přechodová oblast příze přechází v oblast chlupatosti, viz obrázek 9.

Teoretický průměr příze lze (počítaje s konstantním zaplněním) určit ze vzorce:

$$D = \sqrt{\frac{4T}{\pi\mu\rho}} \quad (4)$$

kde T je jemnost příze, μ zaplnění příze, ρ měrná hmotnost vlákenného materiálu. [10]



Obr. 9: Oblasti příze, převzato z [10]

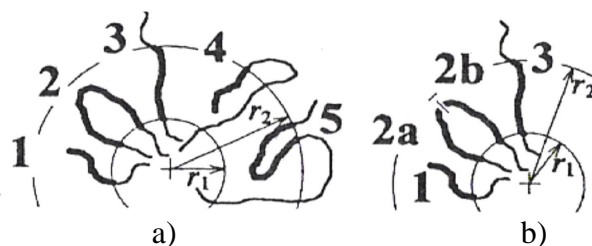
Zaplnění lze dle [1] charakterizovat jako podíl souhrnné plochy P řezných plošek jednotlivých vláken ku celkové ploše P_c libovolného myšleného řezu příze.

$$\mu = P / P_c \quad (5)$$

Oblast husté chlupatosti se rozkládá přibližně do vzdálenosti jednoho poloměru příze od místa jejího povrchu, tj. od místa, kde zjišťujeme průměr příze. V této oblasti se vlákna ještě vzájemně stýkají v kontaktech, materiál má charakter jakési „pružné sítě“, která je patrně velmi důležitá pro uživatelem vnímaný omak i otěr výsledné textilie.

V oblasti řídké chlupatosti jsou obsaženy zejména izolované (volně „povlávající“) konce vláken, které způsobují technologické a vzhledové problémy při výrobě a užívání plošných textilií. Právě tato oblast chlupatosti je odstraňována opalováním.

Mezi zvolenými poloměry r_1 a r_2 , $r_d \leq r_1 < r_2 \leq r_{max}$ oblasti chlupatosti lze pozorovat rozmanité typy vláknenných úseků. Z pohledu ve směru osy příze jsou znázorněny na obr. 10 silnou čarou. [2]



Obr. 10: Typy vláknenných úseků, převzato z [2]

Typy vláken:

- 3 – procházející úseky protínající oba poloměry,
- 1, 4 – konce vláken protínající jen jeden poloměr,
- 2, 5 – obraty vláken protínající také jen jeden poloměr.

Tvarovou rozmanitost vláknenných úseků lze zjednodušit:

- zvláštní vliv konců 4 a obrátů 5 lze zanedbat pro jejich nízký výskyt,
- obraty typu 2 jsou pomyslně rozetnuty a nahrazeny dvojicí konců typu 1,
- každý uvažovaný vláknenný úsek, vycházející z poloměru r_d , prochází rostoucími poloměry, až skončí na svém největším poloměru,
- skutečné (typ 1) i pomyslné (typ 2a, 2b) konce vláken jsou v oblasti chlupatosti rozmístěny náhodně a polohy konců jednotlivých vláken se statisticky významně neovlivňují,
- počet vláknenných úseků, které vystupují z poloměru příze r_d je současně počtem všech vláknenných úseků, tvořících oblast chlupatosti.

Z předchozích úvah vyplývá tento předpoklad:

- vláknenné úseky tvořící oblast chlupatosti jsou všechny zakotveny ve vnitřní části příze,
- vycházejí z poloměru příze r_d ,
- každým poloměrem $r \geq r_d$ procházejí nejvýše jednou,
- jejich konce jsou rozmístěny náhodně a statisticky nezávisle. [2]

2.3 Jednoduchý exponenciální model zaplnění a chlupatosti

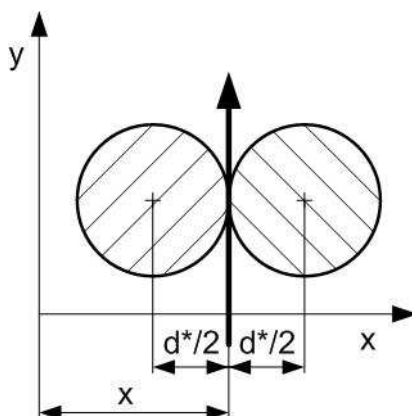
Předpoklady:

- pravděpodobnost, že konec vlákna procházející poloměrem r leží v elementárním intervalu $(r, r + dr)$, nezávisí na r ,
- směrové uspořádání vláken v oblasti chlupatosti je náhodné a nezávislé na r .

Uvažujeme, že poloměrem r prochází m vláken, zatímco větším poloměrem $r+h$ prochází poloviční počet vláken $m/2$. Parametr h je intervalem polovičního úbytku vláken. Zvětšíme-li poloměr o h , sníží se počet vláken na polovinu. [2]

2.3.1 Průhlednost

Na obrázku 11 je šipkou znázorněný světelný paprsek, který prochází rovnoběžně s osou y ve vzdálenosti x . V intervalu $x \pm d^*/2$ nesmí ležet střed žádného vlákna, aby paprsek nebyl pohlcen. Veličina P určuje podíl paprsků, které projdou ve zmíněné vzdálenosti x , a vyjadřuje průhlednost příze v místě x . [1]



Obr. 11: Průchod světelného paprsku mezi dvěma vlákny, podle [1]

Každá dílčí průhlednost P_i má význam pravděpodobnosti, že světelný paprsek v místě x projde mezi vlákny i -tého typu chlupatosti. Ovšem paprsek v daném místě skutečně projde jen tehdy, projde-li současně mezi vlákny všech typů chlupatosti. [2]

Doplňkem průhlednosti je veličina nazvaná zčernání [3]. Je definovaná výrazem

$$Z = 1 - P \quad (6)$$

2.4 Vícenásobný exponenciální model zaplnění a chlupatosti

Jednoduchý exponenciální model plně nevystihuje průběh křivky zaplnění, protože počet vláken husté chlupatosti klesá výrazně rychleji než počet vláken řídké chlupatosti. Z toho vyplývá, že interval polovičního úbytku vláken husté chlupatosti h_1 je nižší než interval polovičního úbytku vláken řídké chlupatosti h_2 . Proto byl navržen vícenásobný teoretický model zaplnění a chlupatosti, který zahrnuje více typů chlupatosti.

Předpoklady [2]:

- v oblasti chlupatosti se současně vyskytuje N vzájemně nezávislých typů chlupatosti,
- jedno vlákno se v celé své délce řídí zákonitostmi jen jednoho typu chlupatosti,
- každý typ chlupatosti se řídí exponenciálním modelem,

– všechny typy chlupatosti mají stejné směrové rozložení vláken.

Pro průhlednost P (nebo také pravděpodobnost, že v určité vzdálenosti x od osy příze světelný paprsek projde) platí vztah uvedený v [2]:

$$-\ln P = \frac{8}{\pi(d^*)^2 \ln 2} \sum_{i=1}^N \left\{ h_i C_i \left[\int_0^{\pi/2} 2^{-\frac{x-d^*/2}{h_i \cos \alpha}} d\alpha - \int_0^{\pi/2} 2^{-\frac{x+d^*/2}{h_i \cos \alpha}} d\alpha \right] \right\} \quad (7)$$

h_i – interval polovičního úbytku vláken i -tého typu chlupatosti [mm]

C_i – multiplikační parametr i -tého typu chlupatosti [mm]

N – počet typů chlupatosti

d^* – ekvivalentní průměr vlákna [mm]

Charakteristický parametr příze C má tvar uvedený v [2]

$$C = \mu_d r_d 2^{\frac{r_d}{h}} \quad (8)$$

Celkové zaplnění μ na obecném poloměru příze má tvar uvedený v [2]

$$\mu = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^N C_i 2^{-\frac{r}{h_i}} \quad (9)$$

3 Měření chlupatosti

Chlupatost příze je možné měřit z kolmých průmětů příze nebo projekcí do roviny příze. Od roku 1953 byl o vyvinuto více než 70 metod na měření chlupatosti. Dle [10] jsou principy měření seřazeny do následujících skupin:

- optické metody – přímé optické metody,
 - fotografické metody,
 - metody založené na snímání průsečných obrazů příze,
 - metody založené na použití laserových paprsků,
 - metody založené na obrazové analýze,
- fotoelektrické a jim příbuzné metody,
- metody založené na elektrické vodivosti,
- metody založené na ztrátě hmotnosti při ožehování,
- pneumatické metody,
- jiné metody.

Na fotoelektrickém principu je založená metoda měřená pomocí Chamberlainova fotometru. Na podobném principu pracuje i přístroj Vieluba AB vyvinutý A. Barellou a jeho spolupracovníky. Fotoelektrickým prvkem jsou odstávající vlákna snímána i pomocí přístroje CRITTER-DAM II. Na podobném principu pracuje i zařízení Shirley Yarn Hairiness Meter. Přístroj Digital Hairiness Measuring Instrument měří absolutní počet vláken ve vzdálenosti 4, 3, 2 a 1 mm od povrchu příze na 76,2 mm její délky. Metoda PONDERAL je založena na vážení vzorků před a po opalování. [7]

Přístroj Zweigle hairiness tester počítá vlákna vyčnívající 1 – 25 mm z kompaktního těla příze a přístroj Uster-Tester s přídatným čidlem chlupatosti počítá souhrnnou délku všech vláken vyčnívajících z příze do vzdálenosti 1 cm.

Pro tuto práci byla chlupatost daného souboru přízí měřena pomocí obrazové analýzy a na přístroji Uster-Tester 4, které jsou dostupné v laboratoři TUL.

3.1 Měření chlupatosti pomocí obrazové analýzy

Tuto metodu lze zařadit do metod optických pracujících s kolmými průměty příze. Je zaměřena převážně na prozkoumání oblastí blízkých průměru příze. Tato oblast sahá do vzdálenosti 0,05 až 0,4 mm od povrchu příze. Metoda umožňuje vzájemně odlišit dva

typy chlupatosti. Výsledky obrazové analýzy je možno porovnat s hodnotami naměřenými na přístroji Uster Tester 4.

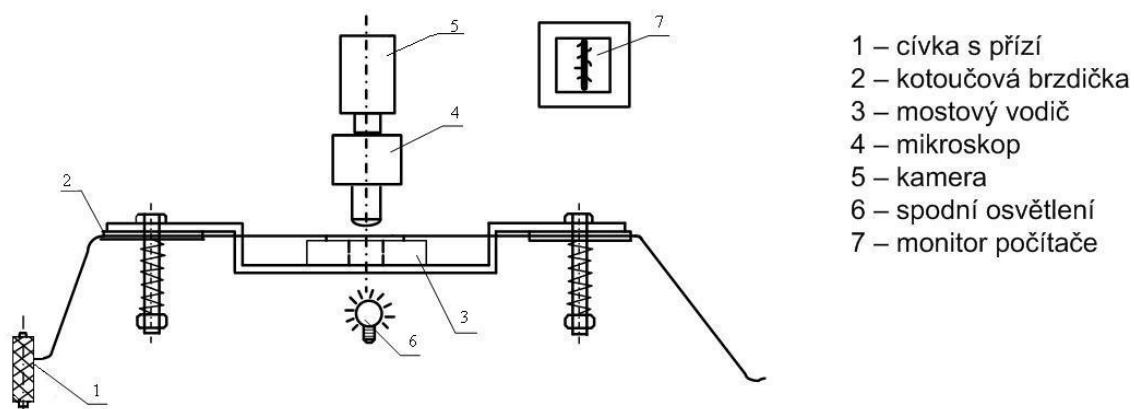
3.1.1 Metoda měření průhlednosti příze systémem obrazové analýzy Lucia

Podle [3], [4]

Princip měření chlupatosti příze je založen na průchodu světelných paprsků oblastí chlupatosti příze. Používá se optický mikroskop se spodním osvětlením, který je opatřen CCD kamerou napojenou na PC se softwarovým systémem Lucia.

Důležitým krokem před pořízením jednotlivých snímků je nastavení množství světla dopadajícího na jednotlivé pixely CCD snímače. Množství dopadajícího světla by mělo být takové, aby obrys příze na obrazovce byl dobře zřetelný a zároveň, aby jednotlivá vlákna, která z příze odstávají, nebyla přesvětlena. Toho lze dosáhnout nastavením parametrů digitalizační karty a definováním citlivosti jednotlivých pixelů pro barevnou segmentaci obrazu v programu Lucia.

Příze je odvíjena z cívky a naváděna pomocí mostového vodiče přes kotoučovou brzdičku na sklíčko pod objektiv mikroskopu, kde je snímána kamerou. Dále prochází druhou kotoučovou brzdičkou a je manuálně odtahována. Průchod příze pod mikroskopem je znázorněn na obrázku 12.



Obr. 12: Měření chlupatosti, podle [4]

Podélné pohledy jsou snímány z náhodně vybraných míst. Manuálně odtahovaná délka příze se mění, aby nedošlo ke zkreslení údajů případnými periodickými vadami příze. Pro zajištění dostatečné reprezentativnosti výsledků se vyhodnocuje vždy alespoň 800 snímků z jedné příze.

Příze je pod mikroskopem zespodu osvětlována halogenovou žárovkou, její obraz je sejmut CCD kamerou a zobrazen na monitoru počítače. Tak dostáváme stínové obrazy příze (obr. 13), které jsou systémem Lucia ukládány do paměti počítače.

Velikost obrazu je 548 pixelů na výšku a 704 pixelů na šířku. Kalibrace je 2,29 μm na 1 pixel.

Při snímání je nutné každý obrázek na mikroskopu jemně doostřit. Nejostřejší částí obrazu by měla být hrana příze, nikoli jednotlivé chlupy.



Obr. 13: Stínový obraz příze

3.1.1.1 Měření průměru příze

Pro určení průměru příze z podélných pohledů na přízi existují dvě empirické konvence. Průměr příze je určen jako:

- průměr krycí D_{cover} – dvojnásobek vzdálenosti od osy příze, kde je zčernání $Z = 50\%$,
- průměr hustotní D_{dens} – dvojnásobek vzdálenosti od osy příze, kde je vypočtená hodnota zaplnění 0,11, tj. 11 %

Hodnoty průměrů se od sebe liší. Vhodnost použití jednotlivých průměrů závisí na účelu použití. [10]

3.1.2 První metoda zpracování obrazu

Podle [3], [8], [10]

Princip výpočetního zpracování obrazu spočívá v zavedení myšleného řezu kolmo k ose příze (obr. 14) a jeho vyhodnocení.

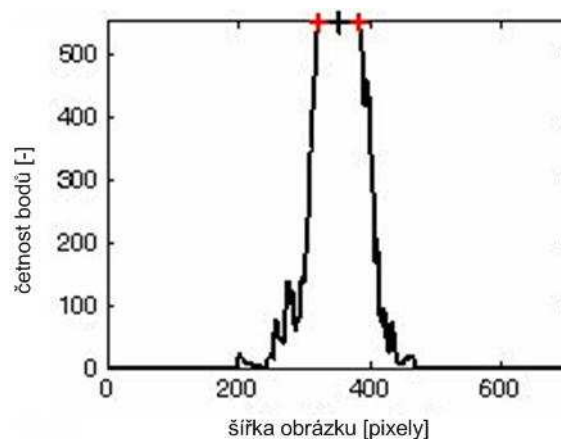


Obr. 14: Řez určující řádek pixelů, převzato z [4]

Po sejmutí a uložení 800 obrazů jsou obrazy zpracovány v Matlabu. Barevné obrazy jsou přes šedou stupnici degradovány do černo-bílého obrazu. K určení prahu je použit histogram relativního výskytu bodů.

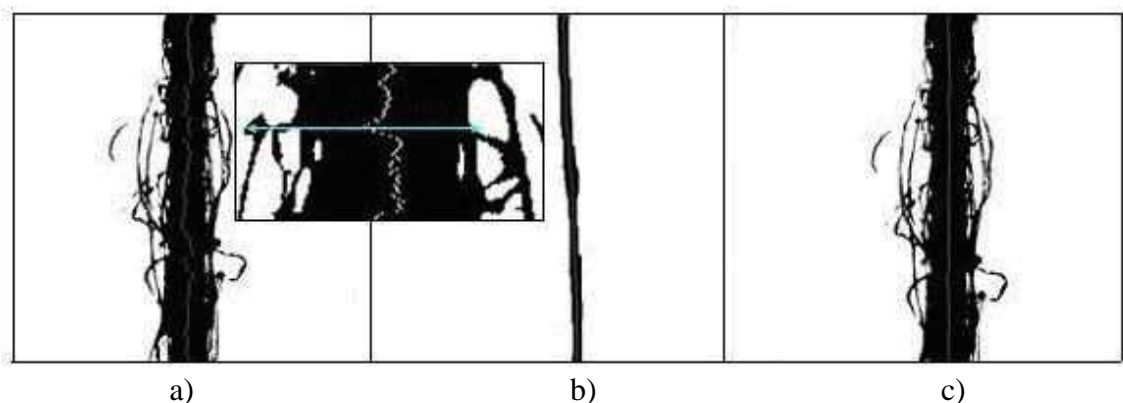
Světelná hodnota každého pixelu v řádku reprezentuje „světlost“ obrazu v daném místě. Světlost pixelu blízká černé značí, že se v místě nachází vlákno a naopak, blíží-li se světlost pixelu bílé, znamená to, že průchodu světelného paprsku nebránil žádný materiál. Různé hodnoty šedi v tomto řádku se převádí na binární hodnoty. 0 = černá, 1 = bílá. V Matlabu je však vždy lepší pracovat s invertovaným obrazem, tzn. v místě příze 1 = bílá, pozadí 0 = černá.

Dalším krokem je určení osy příze. Z histogramu bodů „příze“ je nalezen první odhad osy příze. Tělo příze je celistvá část příze a v tomto případě je umístěno mezi první a poslední souřadnicí, kde je výskyt bodů „příze“ nejvyšší. První odhad osy příze je umístěn do středu mezi tyto dvě souřadnice. Příklad je na obr. 15, souřadnice těla a odhad osy je označen křížkem.



Obr. 15: Histogram výskytu bodů „příze“ v obraze, podle [8]

Problém je se smyčkami a uvolněnými vlákny blízko těla příze, která její tělo rozšiřují (obr. 16a a detail). Tato vlákna patřící do oblasti chlupatosti jsou potlačena morfologickou operací – erozí. (obr. 16b). Pro erozi je použit lineární element odpovídající polovině šířky příze. Algoritmus eroze pracuje tak, že v „okénku“ okolo každého jednotlivého pixelu hledá pixel bílé barvy, tedy „žádná příze“. Je-li v celém okénku nalezen alespoň jeden bílý pixel, původní pixel se také nastaví na bílý. Osa příze je označena jako střední pixel nejširší oblasti bodů těla příze (obr. 16b, c). V případě rozdílu mezi prvním a druhým odhadem osy příze přesahuje smlouvenou mez (v tomto případě čtvrtinu průměru příze), užije se první odhad. Nesoulad mezi odhady umístění os je způsoben algoritmem eroze. Někdy může být tělo příze přerušeno, zejména u hrubších přízí.



Obr. 16: Určení osy příze, podle [8]

Řádky pixelů získané ze všech naměřených obrazů příze jsou poté zprůměrovány, tj. pro každou vzdálenost od osy příze se ze všech vyhodnocených řádků vypočítá aritme-

tický průměr z binárních hodnot pixelů, které mají tuto vzdálenost. Tím vznikne průměrný řádek, jehož hodnoty vyjadřují průběh průhlednosti příze P .

Ze souboru uložených podélných pohledů příze je nejprve třeba odstranit nedoostřené obrazy nebo obrazy sejmuté při pohybu příze a konvertovat soubory z formátu *lim* na *tiff*.

Pro vyhodnocení snímků byl vypracován skript, sestavený v prostředí Matlab, jehož algoritmus lze shrnout do následujících bodů:

- načtení snímku příze,
- provedení řezu – načtení řádku hodnot světlostí pixelů do jednorozměrné matice,
- převedení matice na binární (černobílou – černá v místě vlákna, bílá v místě bez něj),
- určení osy příze (kvůli eliminaci možné chyby vzniklé odlesky vláken nebo vlákeny blízce přiléhajícími k tělu příze jsou v binární matici „začerněny“ všechny osamocené bílé body, tj. bílé body z obou stran obklopené nejméně dvěma po sobě jdoucími body černými),
- přičtení binární matice do matice součtové.

Tyto kroky je nutné provést pro všechny obrazy příze a konečně vyjádřit průměrný řádek, odpovídající průběhu průhlednosti P . Pro názornost grafického zobrazení experimentálních výsledků je v popisovaném skriptu vytvořena ještě matice hodnot zčernání $Z = 1 - P$. Konečným výsledkem prvotního zpracování dat je zčernání Z jako funkce vzdálenosti x , $Z = Z(x)$. Průhlednost je $P = 1 - Z(x)$ a záporný logaritmus průhlednosti

$$-\ln P = -\ln[1 - Z(x)] \quad (10)$$

Pro logaritmus průhlednosti byl za řady předpokladů odvozen též teoretický vztah popsáný v [1]. Zde rovnice (7).

K funkci Z , reprezentující celkovou chlupatost můžeme obdržet další dvě funkce, $Z_1 = 1 - P_1$ a $Z_2 = 1 - P_2$. Funkce Z_1 udává první složku husté chlupatosti způsobené malými smyčkami a krátkými volnými konci. Dosahuje vysokých hodnot blízko povrchu příze, ale rychle klesá se vzdáleností od povrchu příze. Funkce Z_2 udává složku řídké chlupatosti tvořenou poměrně dlouhými volnými vlákny. Nedosahuje nijak vysokých hodnot blízko povrchu příze, ale se vzdáleností klesá velmi pomalu.

Algoritmus vyhodnocování chlupatosti příze byl zpracován v jazyce Pascal do programu „Chlupatost“. Experimentální data funkce chlupatosti získaná z měření na obrazové analýze jsou proložena teoretickým modelem chlupatosti. Hodnota vstupního parametru d byla z plochy příčného průřezu vlákna odhadnuta na $d = 0,012$ mm. Hodnoty h_1 , h_2 se vyhledávají metodami numerické optimalizace. Pravidly pro oblast chlu-

patosti se řídí pouze prostor, kde $x > r_d$. Ve vnitřní oblasti příze ($x < r_d$) odvozený model chlupatosti neplatí. Proto byla přijata konvence, podle které poloměr příze r_d leží v místech, kde je hodnota zčernání $Z = 1 - P = 0,5$. Do vyhodnocení se zahrnují jen body s nižší hodnotou zčernání. Naopak ve velkých vzdálenostech x jsou jen nepatrné hodnoty zčernání a relativní chyba je značná. Tento problém řeší druhá část empirické konvence, podle které mají-li tři po sobě jdoucí body experimentální křivky hodnotu $Z = 1 - P < 0,005$, další body se již nehodnotí.

Celková chlupatost je definována jako integrál pod křivkou chlupatosti v intervalu od poloměru příze do šestinásobku tohoto poloměru.

Integrální charakteristika chlupatosti I je spočtena jako plocha pod křivkou funkce teoretického modelu chlupatosti od průměru příze směrem ven od osy příze. Vzhledem k tomu, že průměr příze lze z měření pomocí obrazové analýzy určit dvěma způsoby, je možné spočítat celkové integrální charakteristiky od průměru krycího $I_{C\ cover}$ i od průměru hustotního $I_{C\ dens}$ a zvlášť integrální charakteristiky chlupatosti pro každý typ chlupatosti $I_{1\ cover}$, $I_{2\ cover}$, $I_{1\ dens}$, $I_{2\ dens}$.

Užitím nalezených hodnot h_1 , C_1 , h_2 , C_2 lze vypočítat také podle rovnice (9) průběh zaplnění v oblasti chlupatosti.

3.1.2.1 Druhá metoda zpracování obrazu

Od první metody se liší pouze tím, že zpracovány jsou všechny řádky obrazu příze a tedy i proměřenou délkou příze.

3.1.3 Proměřená délka příze

Velikost obrazu:

- šířka 704 pixelů
- výška 548 pixelů
- kalibrace 2,29 μm na 1 pixel

Počet obrazů: 800

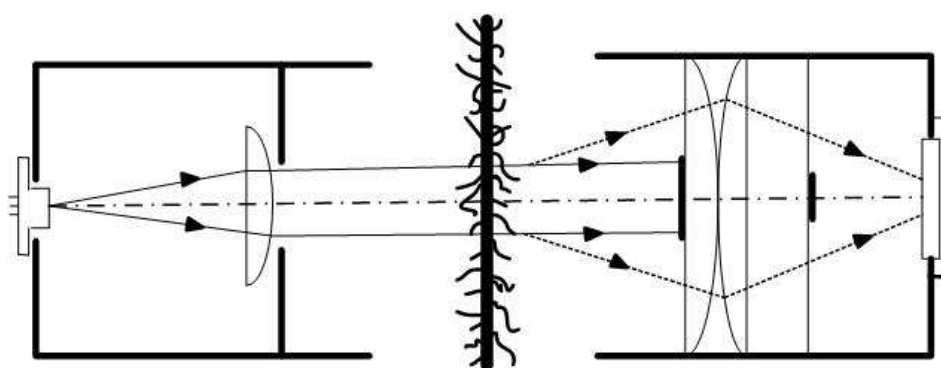
Proměřená délka = počet obrazů \times počet pixelů \times kalibrace

Proměřená délka pro první metodu = $800 \times 1 \times 2,29 = 1832\ \mu\text{m} = 1,832 \cdot 10^{-3}\ \text{m}$

Proměřená délka pro druhou metodu = $800 \times 548 \times 2,29 = 1\ 003\ 936\ \mu\text{m} = 1,003\ 936\ \text{m}$

3.2 Měření chlupatosti na zařízení Uster Tester 4

Měření chlupatosti spočívá v prosvětlování příze monochromatickým infračerveným zářením, aby se eliminoval vliv barvy příze. Zdroj světla produkuje záření, jehož proud je rozptýlen odstávajícími vlákny na přízi a následně zachytáván senzory. Přímé paprsky jsou pohlceny před dosažením senzoru. Princip měření je znázorněn na obrázku 17. Výsledný index chlupatosti, značený jako H , je úhrnná délka všech vláken, která jsou měřena v délce 1 cm příze. Tato vlákna jsou měřena pouze do vzdálenosti 1 cm od povrchu příze. [10]



Obr. 17: Princip měření chlupatosti na přístroji Uster Tester 4, podle [10]

3.2.1 Proměřená délka příze

Odtahová rychlost příze: 400 m/min

Doba měření: 2,5 min

Proměřená délka = odtahová rychlost \times doba měření

Proměřená délka = $400 \times 2,5 = 1\,000$ m

4 Zpracování naměřených hodnot

4.1 Popis vzorků

Příze pro tuto práci byly vyrobeny v různých jemnostech a za použití několika druhů rotorů bezvřetenovým dopřádáním. Všechny příze jsou ze 100% bavlny. Jemnost vláken je 3,91 Mic a délky ML 24,45 mm a UHM 29,09 mm. Příze pro každou jemnost je spřádána na rotorech A, B, D, ale u příze jemnosti 20 tex jsou zkoušky realizovány na všech 4 typech rotorů.

Druhy použitých rotorů:

Rotor A – drážka T, průměr 34 mm, miska Al, povrch diamant-nikl

Rotor B – drážka T, průměr 34 mm, miska Al, povrch diamant

Rotor C – drážka T, průměr 34 mm, miska Al, povrch Al

Rotor D – drážka T, průměr 34 mm, miska ocel, povrch borid-diamant

Podle drsnosti povrchu rotoru lze seřadit rotory od nejdrsnějšího: B, D, A, C.

Při výrobě přízí bylo použito stejné strojní seřízení pro všechny kombinace jemností a rotorů (usazení SR, použitý vyčesávací váleček, nálevka, vložka vrchlíku, vložka od-tahu, čištění, podávací ústrojí) a strojní seřízení liší se podle jemnosti výsledné příze (odtahová a podávací rychlost, otáčky rotoru a otáčky vyčesávacích válečků). [11].

Označení vzorků podle jemnosti příze a druhu rotoru je uvedeno v tabulce 1.

Tab. 1: Označení vzorků

Označení příze	Druh rotoru	T _{jm} [tex]
16,5 A	A	16,5
16,5 B	B	16,5
16,5 D	D	16,5
20 A	A	20
20 B	B	20
20 C	C	20
20 D	D	20
25 A	A	25
25 B	B	25
25 D	D	25
50 A	A	50
50 B	B	50
50 D	D	50

4.2 Naměřené a vypočtené hodnoty

4.2.1 Jemnost příze

Jemnost příze byla zjišťována experimentálně. Ze základní příze se připraví 5 návinů příze o délce 1 m, které se následně zváží.

Jemnost příze T se vypočítá podle vzorce uvedeného v [1]

$$T = \frac{m}{l} \quad (11)$$

m – hmotnost svazku příze

l – délka příze ve svazku

Průměrné hodnoty jemností přízí jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2: Změřená průměrná jemnost přízí

	průměr [mm]	interval spolehlivosti [mm]
16,5 A	16,458	$16,458 \pm 0,105$
16,5 B	16,602	$16,602 \pm 0,123$
16,5 D	16,406	$16,406 \pm 0,114$
20 A	20,232	$20,232 \pm 0,046$
20 B	20,112	$20,112 \pm 0,102$
20 C	19,878	$19,878 \pm 0,096$
20 D	20,186	$20,186 \pm 0,106$
25 A	25,34	$25,34 \pm 0,13$
25 B	24,582	$24,582 \pm 0,154$
25 D	25,902	$25,902 \pm 0,075$
50 A	50,26	$50,26 \pm 0,20$
50 B	52,086	$52,086 \pm 0,189$
50 D	48,596	$48,596 \pm 0,163$

4.2.2 První metoda zpracování obrazu z obrazové analýzy

V tabulce 3 a 4 jsou uvedeny hodnoty získané zpracováním obrazů v programu „Chlupatost“.

Tab. 3: Charakteristiky chlupatosti přízí

Označení příze	h_1 [mm]	h_2 [mm]	D_{dens} [mm]	D_{cover} [mm]	$\mu_1 \text{ dens}$ [-]	$\mu_2 \text{ dens}$ [-]	$\mu_1 \text{ cover}$ [-]	$\mu_2 \text{ cover}$ [-]	$\mu_c \text{ cover}$ [-]
16,5 A	0,023906	89,49149	0,16423	0,21034	0,109942	5,8E-05	0,043999	0,000045	0,04404
16,5 B	0,01288	0,039724	0,18078	0,20835	0,091924	0,01808	0,037975	0,01233	0,05031
16,5 D	0,01909	0,074683	0,16596	0,20226	0,105843	0,00416	0,044931	0,002882	0,04781
20 A	0,012382	0,036371	0,20511	0,23775	0,083748	0,02625	0,028971	0,016592	0,04556
20 B	0,013853	0,039256	0,19969	0,23295	0,090733	0,01927	0,033841	0,012313	0,04615
20 C	0,012354	0,033296	0,20478	0,23934	0,076739	0,03326	0,0249	0,019859	0,04476
20 D	0,014763	0,041373	0,19372	0,22871	0,091781	0,01822	0,034191	0,011511	0,0457
25 A	0,02604	96,65219	0,20515	0,26653	0,109956	4,4E-05	0,03739	0,000034	0,03743
25 B	0,018014	0,046723	0,20897	0,25528	0,094583	0,01542	0,031762	0,008951	0,04071
25 D	0,017797	0,056586	0,22112	0,26475	0,102208	0,00779	0,0365	0,004982	0,04148
50 A	0,024878	99,89233	0,30006	0,37288	0,109974	2,6E-05	0,032085	0,000021	0,03211
50 B	0,021809	0,085343	0,31248	0,37898	0,107083	0,00292	0,03069	0,001836	0,03253
50 D	0,016863	0,043607	0,31377	0,3729	0,090415	0,01959	0,022568	0,0103	0,03287

Tab. 4: Integrální charakteristiky chlupatosti přízí

Označení příze	$I_c \text{ dens}$ [mm]	$I_1 \text{ dens}$ [mm]	$I_2 \text{ dens}$ [mm]	$I_c \text{ cover}$ [mm]	$I_1 \text{ cover}$ [mm]	$I_2 \text{ cover}$ [mm]
16,5 A	0,045568	0,032673	0,013062	0,030861	0,018009	0,012944
16,5 B	0,025381	0,013833	0,01438	0,016917	0,007046	0,010999
16,5 D	0,030039	0,024209	0,007406	0,018675	0,013419	0,005963
20 A	0,028708	0,012966	0,019463	0,018431	0,00561	0,014021
20 B	0,028229	0,015723	0,015979	0,017776	0,007402	0,011594
20 C	0,029437	0,012046	0,021377	0,018504	0,004887	0,014782
20 D	0,029332	0,016948	0,015937	0,018318	0,008048	0,011525
25 A	0,05258	0,040245	0,012532	0,032158	0,019874	0,012381
25 B	0,035435	0,023076	0,01675	0,0204	0,010377	0,011411
25 D	0,033423	0,024681	0,011688	0,019268	0,011765	0,008554
50 A	0,055351	0,044802	0,010739	0,030029	0,019528	0,010584
50 B	0,045104	0,038054	0,009687	0,022097	0,015906	0,007009
50 D	0,042083	0,024572	0,024317	0,021935	0,008509	0,014959

4.2.3 Druhá metoda zpracování obrazu z obrazové analýzy

V tabulce 5 a 6 jsou uvedeny hodnoty získané zpracováním obrazů v programu „Chlupatost“.

Tab. 5: Charakteristiky chlupatosti přízí

Označení příze	h_1 [mm]	h_2 [mm]	D_{dens} [mm]	D_{cover} [mm]	$\mu_1 \text{ dens}$ [-]	$\mu_2 \text{ dens}$ [-]	$\mu_1 \text{ cover}$ [-]	$\mu_2 \text{ cover}$ [-]	$\mu_c \text{ cover}$ [-]
16,5 A	0,02113	0,14464	0,16572	0,204994	0,109345	0,000655	0,046423	0,000482	0,046905
16,5 B	0,01763	0,06189	0,16929	0,201496	0,105991	0,004009	0,047275	0,002812	0,050087
16,5 D	0,01913	0,0618	0,16243	0,1975	0,105874	0,004126	0,046127	0,002788	0,048915
20 A	0,02053	0,08737	0,18656	0,2288	0,108421	0,001579	0,043332	0,001089	0,044421
20 B	0,01995	0,08421	0,18154	0,221342	0,108005	0,001995	0,044369	0,001389	0,045758
20 C	0,02118	0,10191	0,18423	0,227717	0,108782	0,001218	0,043192	0,00085	0,044042
20 D	0,02015	0,10772	0,18148	0,221397	0,108727	0,001273	0,044864	0,000918	0,045781
25 A	0,02182	0,08112	0,20966	0,260074	0,107891	0,002109	0,039055	0,001371	0,040426
25 B	0,02121	0,17796	0,20649	0,253625	0,109343	0,000657	0,041215	0,000488	0,041703
25 D	0,02141	0,71483	0,20832	0,25562	0,109837	0,000163	0,041616	0,000129	0,041746
50 A	0,02438	98,3463	0,29376	0,363582	0,109986	0,000014	0,032941	0,000011	0,032952
50 B	0,02817	100,306	0,28826	0,372255	0,109971	0,000029	0,0303	0,000022	0,030322
50 D	0,02178	0,07448	0,29801	0,361407	0,107566	0,002434	0,032346	0,001495	0,033841

Tab. 6: Integrální charakteristiky chlupatosti přízí

Označení příze	$I_c \text{ dens}$ [mm]	$I_1 \text{ dens}$ [mm]	$I_2 \text{ dens}$ [mm]	$I_c \text{ cover}$ [mm]	$I_1 \text{ cover}$ [mm]	$I_2 \text{ cover}$ [mm]
16,5 A	0,030345	0,028098	0,002667	0,017974	0,015855	0,002324
16,5 B	0,026598	0,022156	0,005726	0,016593	0,012613	0,004569
16,5 D	0,028372	0,024026	0,00571	0,017438	0,013586	0,004459
20 A	0,031433	0,028484	0,003781	0,017929	0,015252	0,003036
20 B	0,03057	0,027074	0,004461	0,017917	0,014741	0,003602
20 C	0,032283	0,029496	0,003507	0,018357	0,015799	0,002873
20 D	0,030688	0,027537	0,003878	0,017998	0,015076	0,003255
25 A	0,036016	0,032283	0,004994	0,019473	0,016157	0,003802
25 B	0,034739	0,031255	0,004083	0,019394	0,01609	0,003572
25 D	0,036437	0,031833	0,004877	0,021011	0,016483	0,004661
50 A	0,048675	0,043343	0,005426	0,024509	0,0192	0,005351
50 B	0,062278	0,051322	0,011182	0,032819	0,02192	0,010996
50 D	0,042025	0,037376	0,006587	0,02025	0,016223	0,004635

4.2.4 Zpracování dat z přístroje Uster Tester 4

V laboratoři TUL bylo nejprve provedeno jedno měření na přístroji Uster-Tester 4, které je v tabulce 7 uvedeno jako $H [-]$ TUL₁. Při srovnání s daty z laboratoře firmy Saurer Czech a.s. bylo zjištěno významné posunutí oproti jejich hodnotám. Proto bylo provedeno nové srovnávací měření za podmínek stejných jako u prvního měření (umístění příze do klimatizace na 24 hodin, odtahová rychlost, doba měření, proměřená délka). Příze byla proměřena ještě 3× a průměrné hodnoty a interval spolehlivosti jsou uvedeny v tabulce 7 pod označením $H [-]$ TUL₂.

Tab. 7: Indexy chlupatosti

Označení příze	$H [-]$ TUL ₁	$H [-]$ Saurer	$H [-]$ TUL ₂	interval spolehlivosti $H [-]$ TUL ₂
16,5 A	3,85	3,16	3,97	$3,97 \pm 0,05$
20 A	4,08	3,39	4,33	$4,33 \pm 0,02$
25 A	4,52	3,38	4,42	$4,42 \pm 0,04$
50 A	5,32	4,18	5,40	$5,40 \pm 0,06$
16,5 B	3,54	2,82	3,56	$3,56 \pm 0,02$
20 B	3,77	2,97	3,76	$3,76 \pm 0,02$
25 B	4,01	3,08	4,00	$4,00 \pm 0,04$
50 B	4,78	3,70	4,86	$4,86 \pm 0,07$
20 C	4,17	3,38	4,23	$4,23 \pm 0,01$
16,5 D	3,64	2,97	3,74	$3,74 \pm 0,03$
20 D	3,78	3,16	3,91	$3,91 \pm 0,03$
25 D	4,25	3,22	4,18	$4,18 \pm 0,06$
50 D	4,86	3,76	4,88	$4,88 \pm 0,03$

Poznámka: H TUL₁ – jedno měření provedené v laboratoři TUL

H Saurer – data získaná z laboratoře firmy Saurer Czech a.s.

H TUL₂ – opakované měření provedené v laboratoři TUL

4.2.5 Porovnání dat metodou dvou výběrů

Pro dvojice charakteristik chlupatosti h_1 , h_2 , $I_{C\ cover}$, $I_{1\ cover}$, $I_{2\ cover}$, $I_{C\ dens}$, $I_{1\ dens}$, $I_{2\ dens}$ získaných první a druhou metodou obrazové analýzy a pro dvojici hodnot H , získanou v laboratoři TUL a Saurer, bylo provedeno porovnání dat. Cílem statistického porovnání bylo zjistit, zda výsledky získané první a druhou metodou obrazové analýzy jsou roz-

dílné a zda je tato rozdílnost statisticky významná. Pro porovnání byly použity testy popsané v [13]:

- test shody rozptylů (standardní, robustní),
- test shody průměrů (standardní, robustní).

Data byla porovnána nejprve jako nezávislé výběry a provedeno bylo také párové porovnání. Výsledky porovnání jsou v tabulce 8.

Tab. 8: Porovnání všech naměřených dat

	h_1 [mm]	h_2 [mm]	Ic dens [mm]	I ₁ dens [mm]	I ₂ dens [mm]	Ic cover [mm]	I ₁ cover [mm]	I ₂ cover [mm]	H ₁ [-]	H ₂ [-]
Porovnání dvou výběrů										
Test shody rozptylů	R	R	R	R	R	S	R	R	S	S
Robustní test shody rozptylů	S	S	S	S	R	S	R	R	S	S
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly	R	S	S	S	R	S	R	R	R	S
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly	R	S	S	S	R	S	R	R	R	S
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test	R	R	S	S	R	S	R	R	R	S
Párové porovnání dvou výběrů										
Test významnosti rozdílu	V	N	N	V	V	N	V	V	V	N

Poznámka: R – rozdíl, S – shoda, V – významné rozdíly, N – nevýznamné rozdíly

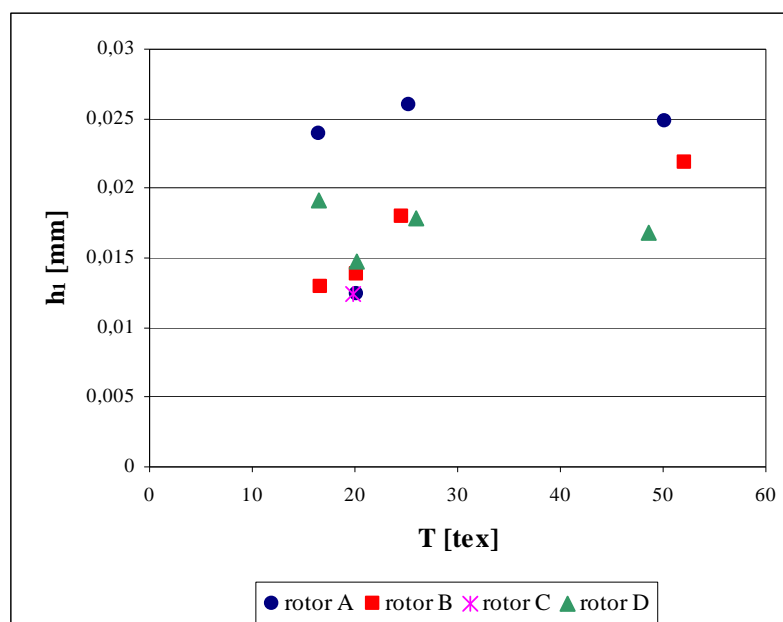
H_1 – porovnání dat z laboratoří TUL a Saurer

H_2 – porovnání dat z původního a opakovaného měření H v laboratoři TUL

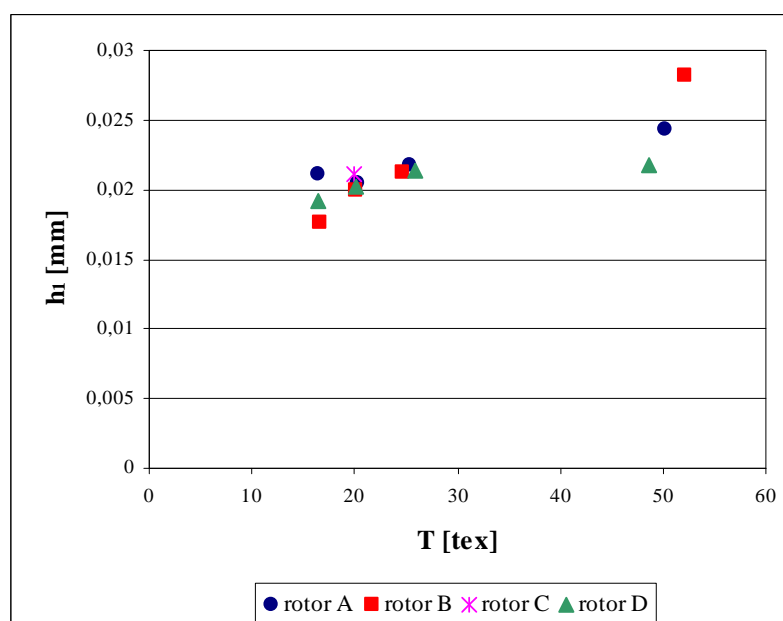
Z výsledků vyplývá, že interval polovičního úbytku krátkých vláken h_1 získaný první metodou se liší od hodnot získaných druhou metodou. Interval polovičního úbytku dlouhých vláken h_2 získané oběma metodami jsou shodné. Pro výrobce a zpracovatele je informace o délce vlákenných konců a smyček spíše informativní, ale z hlediska zpracovatele je velmi důležité vědět, jaké % dlouhých vláken je možné očekávat.

Informace o celkové integrální charakteristice chlupatosti získané hustotní i krycí konvencí první i druhou metodou vykazují statisticky nevýznamné rozdíly a je možné konstatovat, že informace o celkové chlupatosti jsou shodné. Z hlediska použité metody je možné konstatovat, že informace o první a druhé komponentě jsou rozdílné z důvodů větší proměřené délky a korektnějšího způsobu určení osy příze. Proto by bylo lepší využít hodnot druhé metody uvedených v tabulce 6.

4.3 Porovnání charakteristik chlupatosti

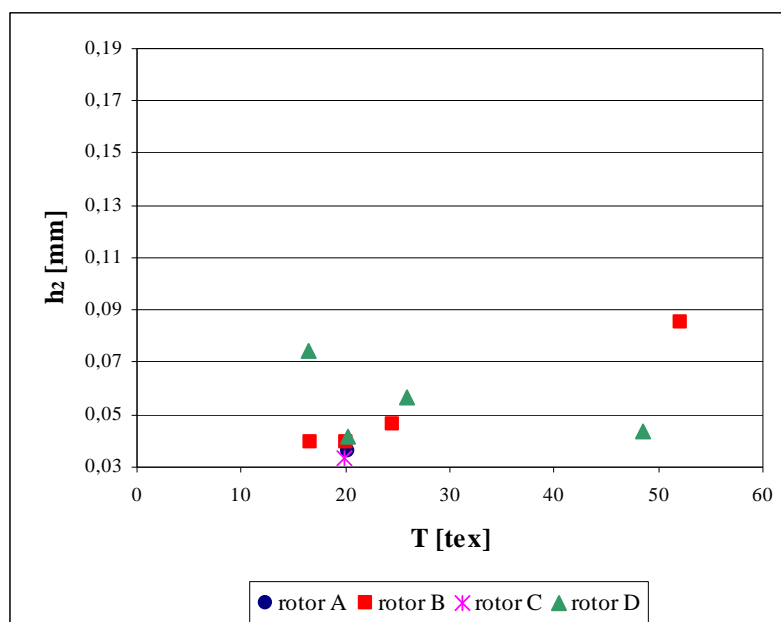


Obr. 18: Závislost h_l na jemnosti přize – první metoda

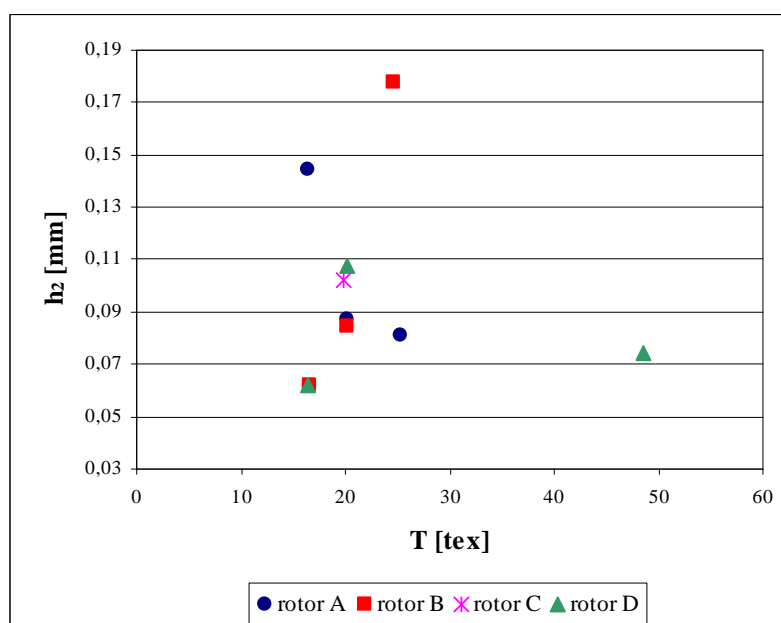


Obr. 19: Závislost h_l na jemnosti přize – druhá metoda

Parametr intervalu polovičního úbytku krátkých vláken h_l má rostoucí trend s jemností T , jak je patrné na obrázcích 18 a 19. Z hlediska použitých metod je vidět rozdíl v rozptylu hodnot. Druhá metoda vykazuje uspořádanější hodnoty (viz obrázek 19). Vliv rotoru není viditelný ani u jedné metody.



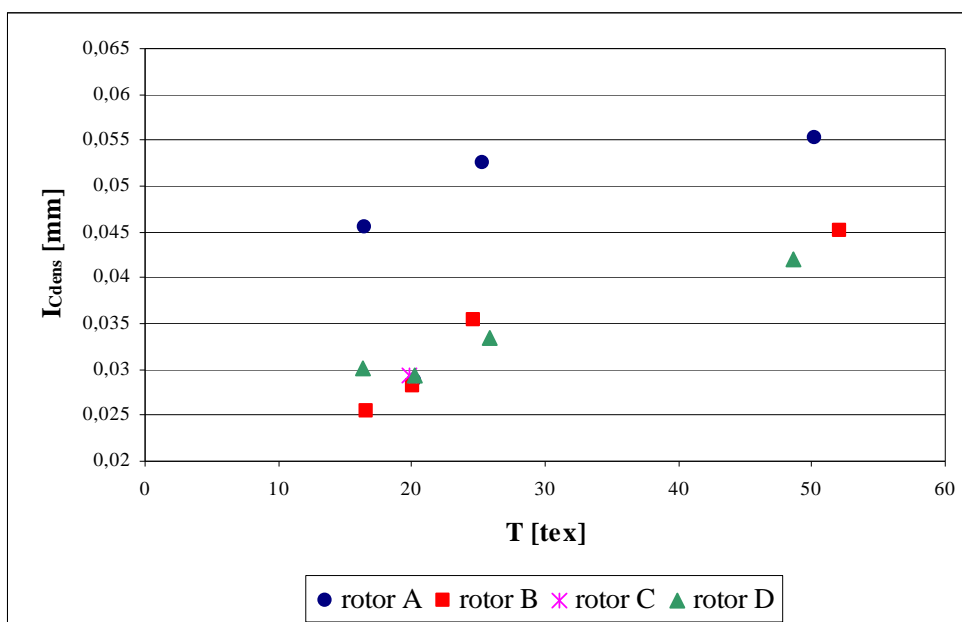
Obr. 20: Závislost h_2 na jemnosti příze – první metoda



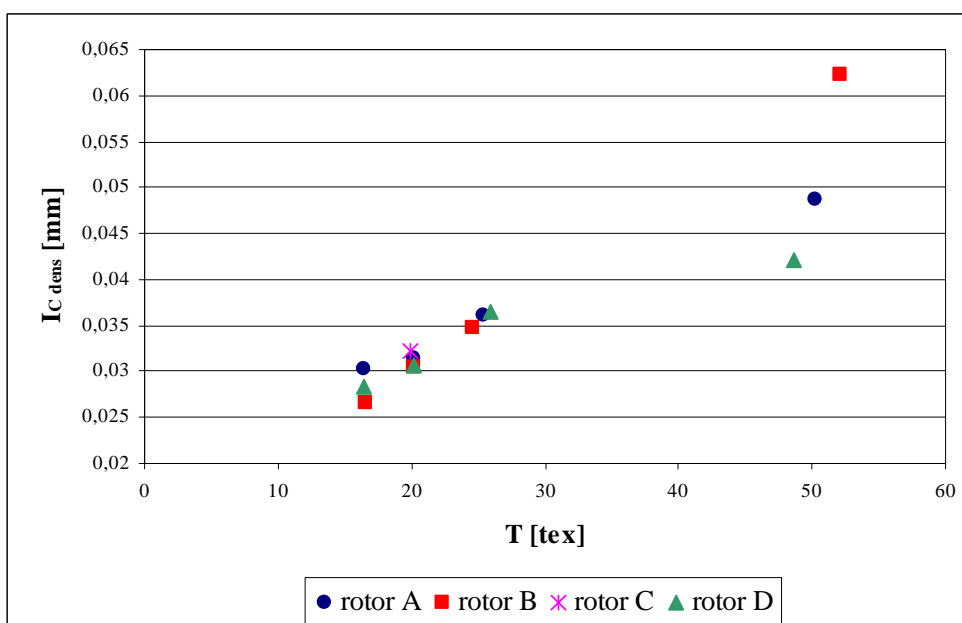
Obr. 21: Závislost h_2 na jemnosti příze – druhá metoda

Parametr intervalu polovičního úbytku dlouhých vláken h_2 má rostoucí trend s jemností T . U obou metod se vyskytly body dosahující hodnot kolem 100 mm. Vzhledem k velkému rozdílu mezi těmito a ostatními hodnotami nejsou v grafu na obr. 20 a 21 zakresleny. U první metody vybočují 3 hodnoty rotoru A (viz tab. 3), u druhé metody jsou to hodnoty u rotoru A, B i D (viz tab. 5).

Vliv rotoru není viditelný ani u jedné metody.



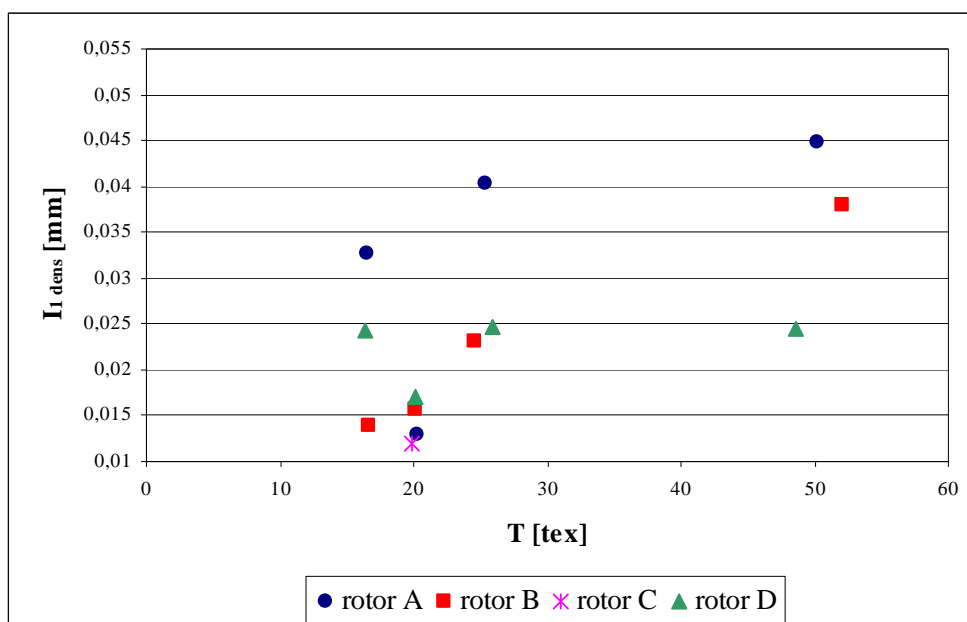
Obr. 22: Závislost $I_{C\ dens}$ na jemnosti – první metoda



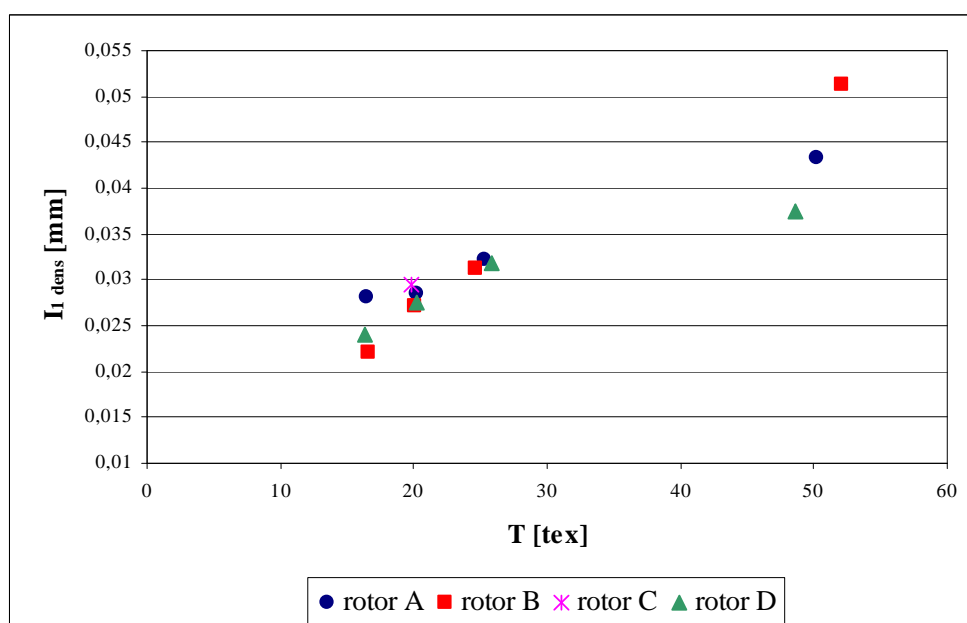
Obr. 23: Závislost $I_{C\ dens}$ na jemnosti – druhá metoda

Celková integrální hustotní charakteristika $I_{C\ dens}$ má v závislosti na jemnosti T rostoucí trend. Strmější nárůst hodnot je patrný na obr. 23 u druhé metody. U první metody, viz obr. 22, převyšují 3 hodnoty naměřené u rotoru A všechny ostatní. Druhá metoda vykazuje uspořádanější hodnoty.

Vliv rotoru není viditelný ani u jedné metody.

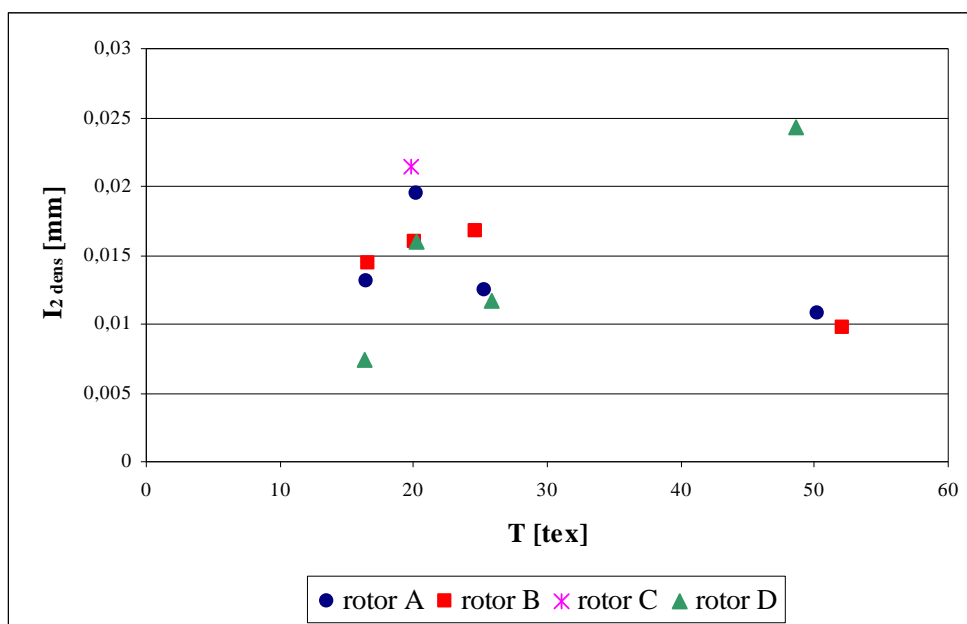


Obr. 24: Závislost $I_{I\ dens}$ na jemnosti – první metoda

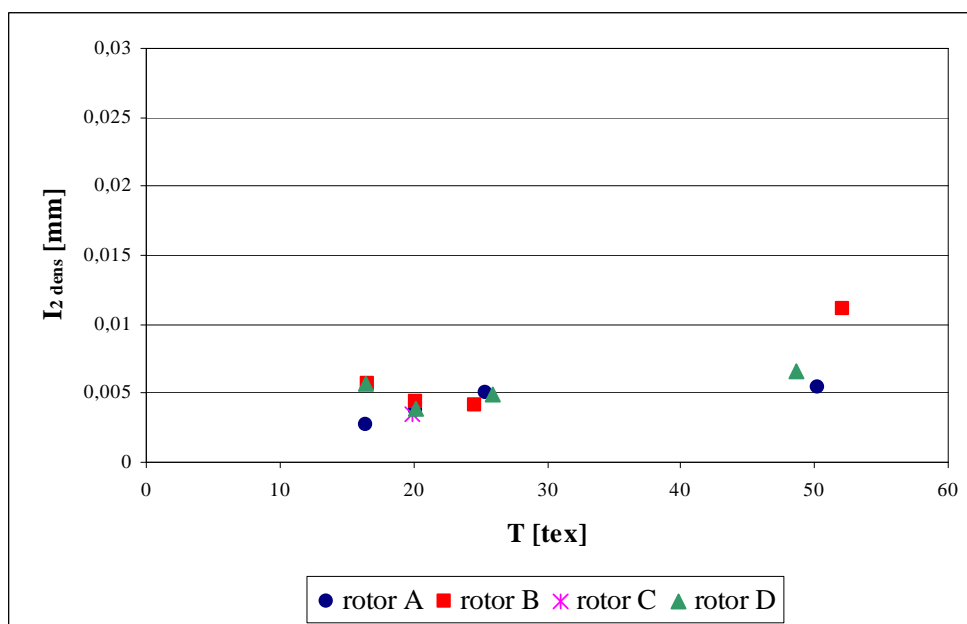


Obr. 25: Závislost $I_{I\ dens}$ na jemnosti – druhá metoda

Integrální hustotní charakteristika $I_{I\ dens}$ má v závislosti na jemnosti T rostoucí trend. Strmější nárůst hodnot a uspořádanější hodnoty jsou patrné na obr. 25 u druhé metody. U první metody, viz obr. 24, převyšují 3 hodnoty naměřené u rotoru A všechny ostatní. Vliv rotoru není viditelný ani u jedné metody.



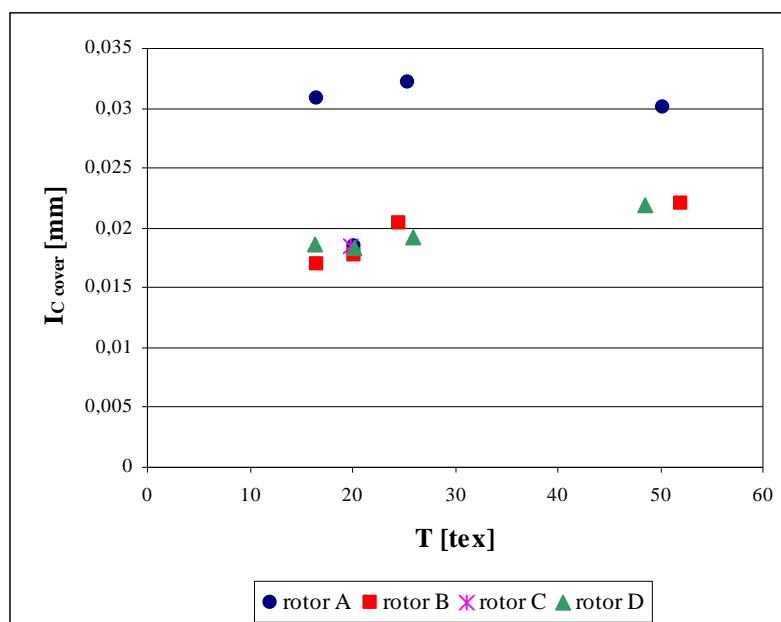
Obr. 26: Závislost $I_{2\text{ dens}}$ na jemnosti – první metoda



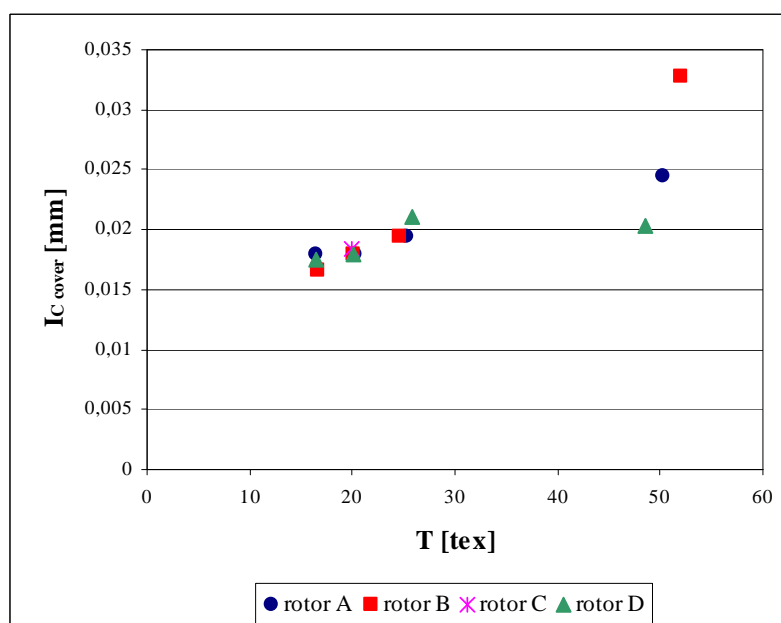
Obr. 27: Závislost $I_{2\text{ dens}}$ na jemnosti – druhá metoda

Integrální hustotní charakteristika $I_{2\text{ dens}}$ má v závislosti na jemnosti T rostoucí trend patrnější spíše u druhé metody, jak je vidět na obrázcích 26 a 27. Druhá metoda vykazuje uspořádanější hodnoty.

Vliv rotoru není viditelný ani u jedné metody.

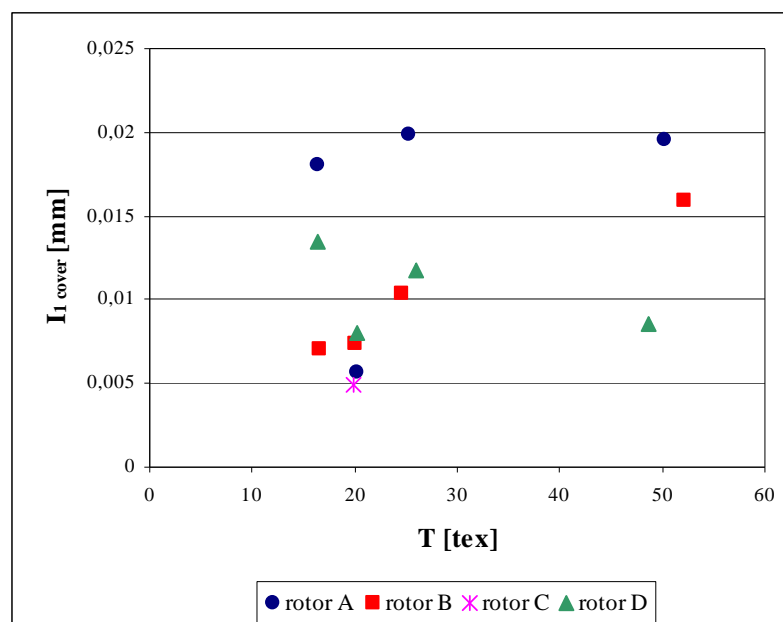


Obr. 28: Závislost $I_{C\ cover}$ na jemnosti – první metoda

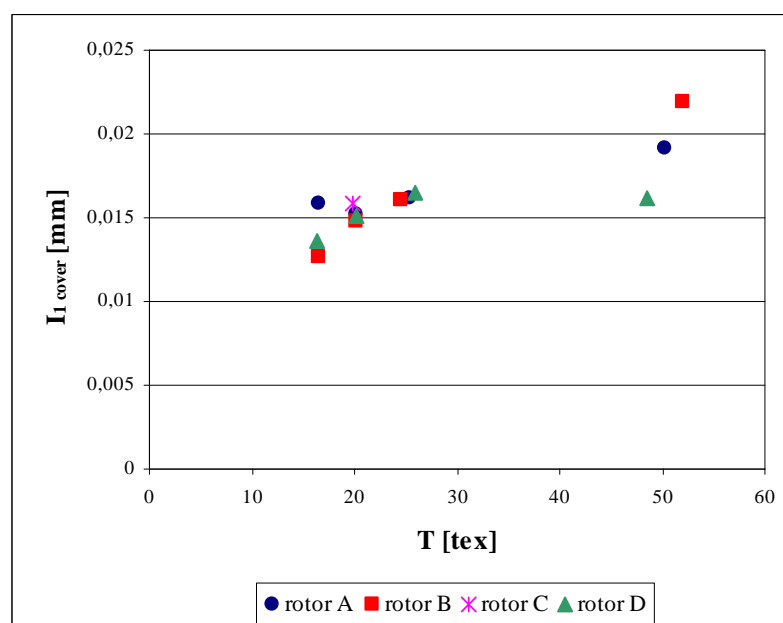


Obr. 29: Závislost $I_{C\ cover}$ na jemnosti – druhá metoda

Celková integrální krycí charakteristika $I_{C\ cover}$ má v závislosti na jemnosti T rostoucí trend. U první metody, viz obr. 28, převyšují 3 hodnoty naměřené u rotoru A všechny ostatní. Druhá metoda vykazuje uspořádanější hodnoty (obr. 29). Vliv rotoru není viditelný ani u jedné metody.

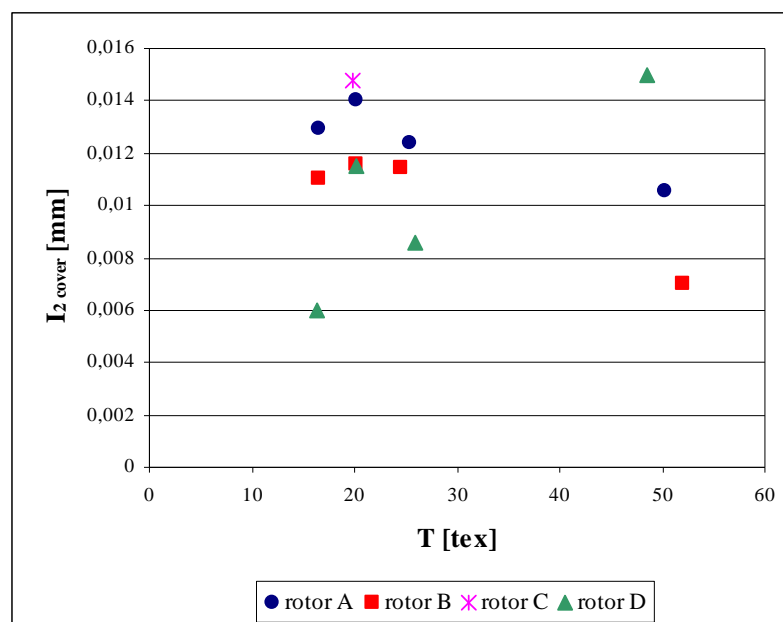


Obr. 30: Závislost $I_{I\ cover}$ na jemnosti – první metoda

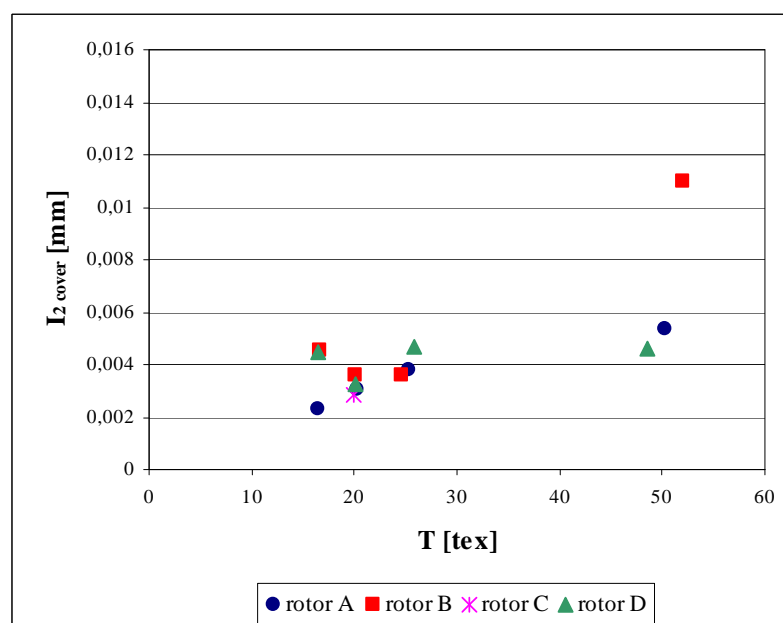


Obr. 31: Závislost $I_{I\ cover}$ na jemnosti – druhá metoda

Integrální krycí charakteristika $I_{I\ cover}$ má v závislosti na jemnosti T rostoucí trend. U první metody, viz obr. 30, převyšují 3 hodnoty naměřené u rotoru A všechny ostatní. Druhá metoda vykazuje uspořádanější hodnoty (obr. 31). Vliv rotoru není viditelný ani u jedné metody.



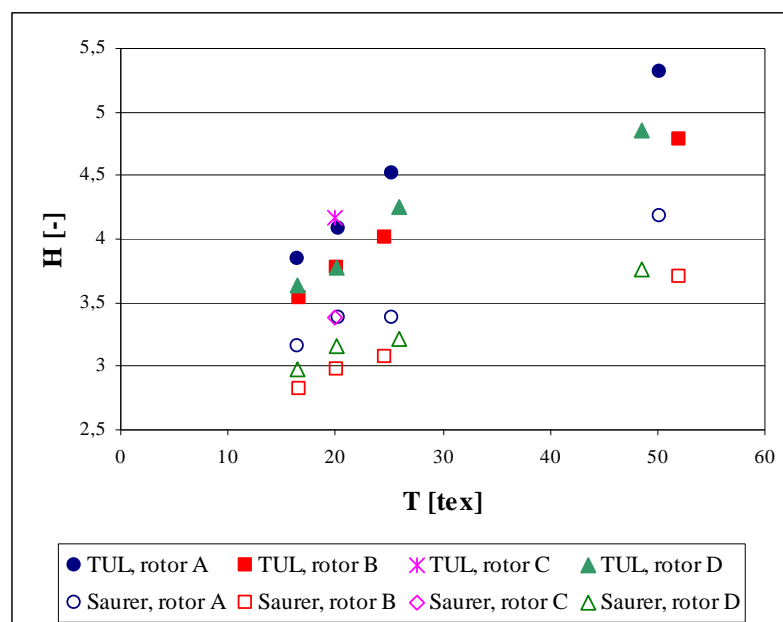
Obr. 32: Závislost $I_{2\ cover}$ na jemnosti – první metoda



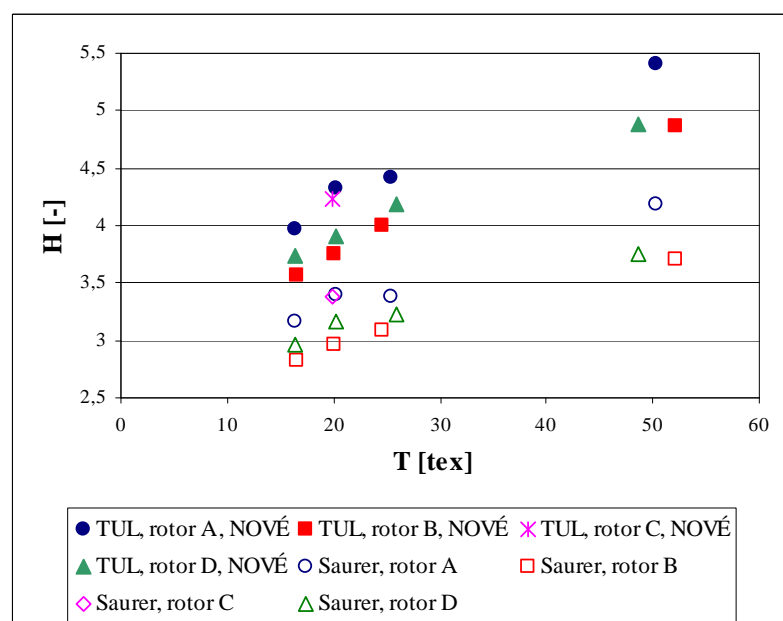
Obr. 33: Závislost $I_{2\ cover}$ na jemnosti – druhá metoda

Integrální krycí charakteristika $I_{2\ cover}$ má v závislosti na jemnosti T rostoucí trend u první metody jen pro rotor D, viz obr. 32. Druhá metoda vykazuje uspořádanější hodnoty a rostoucí trend pro všechny druhy rotorů (obr. 33).

Vliv rotoru není viditelný ani u jedné metody



Obr. 34: Závislost H na jemnosti – data Saurer a jedno měření v TUL



Obr. 35: Závislost H na jemnosti – data Saurer a opakované měření v TUL

Index chlupatosti H má v závislosti na jemnosti T rostoucí trend. Data naměřená ve společnosti Saurer Czech a.s. jsou oproti datům z laboratoře TUL posunutá, jak je vidět na obr. 34 a 35. Mají však stejný trend.

Je zde viditelný vliv rotoru.

Závěr

Pro porovnání vlivu různých rotorů na chlupatost přízí byly jednotlivé příze měřeny optickou metodou pomocí zařízení obrazové analýzy. Parametry stochastického modelu chlupatosti, který modeluje dva typy chlupatosti – hustou a řídkou, byly identifikovány na základě naměřených dat. Získané hodnoty jsou porovnány s měřením indexu chlupatosti na přístroji Uster-Tester 4.

Poloviční intervaly úbytku vláken h_1 , h_2 s narůstající jemností příze T rostou. Výrazněji se nárůst projevuje u komponenty h_1 . To dobře koresponduje s tím, že s narůstající jemností roste také počet vláken v průřezu příze a tedy i pravděpodobnost výskytu vláknenných konců a smyček na povrchu příze. Chlupatost rostoucí s jemností se projevila i při měření na přístroji Uster-Tester 4. Trendy u obou metod jsou srovnatelné. U druhé metody se však stírají rozdíly mezi typem použitých rotorů, což je zřejmě dáno větší proměřenou délkou příze. Nejvyšší hodnoty h_1 vykazuje u první metody typ rotoru A, následuje typ rotoru B a D. Pravidelné trendy se však nepodařilo prokázat.

Celkové integrální charakteristiky $I_C \text{ dens}$ a $I_C \text{ cover}$ mají rostoucí trend s rostoucí jemností T . U první metody převyšují hodnoty naměřené u rotoru A v obou případech integrálních charakteristik. Hodnoty rotorů B a D jsou umístěné pod hodnotami rotoru A bez zjevné pravidelnosti. Hodnoty $I_C \text{ dens}$ jsou vyšší, což odpovídá větší ploše pod křivkou zčernání, neboť hustotní průměr D_{dens} je menší než krycí průměr D_{cover} . Hodnoty celkových integrálních charakteristik I_C i jejich komponent I_1 a I_2 se od sebe liší v závislosti na použité metodě zpracování. Hodnoty získané druhou metodou mají menší rozptyl, což souvisí s větší proměřenou délkou příze.

Pro index chlupatosti H měřený přístrojem Uster-Tester 4 byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi daty poskytnutými společností Saurer Czech a. s. a měřením provedeným v laboratoři TUL. Proto bylo provedeno nové opakované měření za stejných podmínek jako první měření – umístění příze na 24 hodin do klimatizace, rychlost provádění zkoušky, časová délka zkoušky, stejná cívka s materiálem, stejná proměřená délka. I nové hodnoty byly od dat společnosti Saurer statisticky významně rozdílné. Hodnoty indexu chlupatosti naměřené v laboratoři TUL jsou větší než hodnoty získané v laboratoři Saurer Czech a.s. Seřazení rotorů a rostoucí trend s rostoucí jemností T jsou v obou případech stejné. Rozdílnost hodnot může být způsobena měřením na jiné partii příze, než která byla poskytnuta k proměření laboratoři TUL, případným přesoukáním

příze, jinou proměřenou délkou příze nebo jinými podmínkami měření, které nám nebyly známy, případně systematickou chybou jednoho z měřicích přístrojů. Proto vzájemný posun obou souborů hodnot doporučuji k dalšímu prozkoumání.

Pro určení statistické významnosti by bylo potřeba většího množství dat. Společnost Saurer dodala vzorky spředené vždy na jednom rotoru daného povrchu a z jedné partie materiálu. Pro statisticky určitější výsledky by bylo vhodné vypříst vzorky z několika partií materiálu na několika rotorech téhož typu. Hlubší zkoumání na větším vzorku přízí by také vyžadoval větší časový objem na měřicím zařízení v laboratoři TUL.

Rozdíl v závislosti indexu chlupatosti a charakteristik z obrazové analýzy na rotoru by měl být předmětem dalšího zkoumání. Měření založené na zpracování obrazu vychází z precizního zobrazení příze a vláken v oblasti chlupatosti, zatímco měření indexu chlupatosti pracuje pouze s rozptylem infračerveného světla v oblasti definované optickým systémem přístroje. Je možné, že různé povrchy rotorů mají vliv na průběh zaplnění v oblasti jádra příze a tím i na rozptyl infračerveného světla v povrchových oblastech příze. To se pak projeví i na změřeném indexu chlupatosti. Obrazová analýza také určuje „přesně“ (podle empirické konvence) průměr příze v každém místě, zatímco při měření indexu chlupatosti se používá jmenovitá jemnost.

Literatura

- [1] Neckář, B.: Příze. Tvorba, struktura, vlastnosti, SNTL Praha, 1990
- [2] Neckář, B.: Chlupatost příze. Část 1: Teoretický model chlupatosti, 7. konf. STRUTEX, TU Liberec, 2000
- [3] Neckář, B., Roček V., Voborová J.: Chlupatost příze. Část 2: Metoda měření a vyhodnocení chlupatosti, 7. konf. STRUTEX, TU Liberec, 2000
- [4] Kolektiv autorů: Interní normy. Výzkumné centrum Textil
- [5] Ursíny, P.: Spřádání bavlnářským způsobem I. Předpřádání, Liberec, 1985
- [6] Ursíny, P.: Spřádání bavlnářským způsobem II. Dopřádání a skaní, Liberec, 1991
- [7] Barella, A.: Yarn Hairiness. Textile Progress, Vol. 13, Nr. 1. The Textile Institute 1983
- [8] Krupincová, G.: Optical approach to the yarn hairiness determination. International Forum on Textile Science and Engineering for Doctoral Candidates 2006. 3.11. – 6.11. 2006 Shanghai China
- [9] Dostalová, M., Křivánková, M.: Základy textilní a oděvní výroby, Liberec 1998
- [10] Voborová, J.: Souhrnná zpráva. Chlupatost a průměry přízí, Výzkumné centrum Textil
- [11] Podklady firmy Saurer Czech a.s.
- [12] skripta Technology of spinning dostupná z adresy <http://skripta.ft.tul.cz/data/2006-09-22/11-30-44.pdf>, citováno 1.11.2006
- [13] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat, nakladatelství PLUS, Praha, 1994
- [14] Propagační materiály firmy Schlafhorst | Saurer
- [15] studijní podklady dostupné z adresy http://www.kts.vslib.cz/old/text/02studium/01_3rocnik/textil/imagepages/image1.htm, citované 4.1.2007